

CASSY® Lab

Manual del usuario (524 206)

Copyright

¡El software activado sólo puede ser utilizado por el comprador y exclusivamente para su uso en las clases que se dictan en la escuela o instituciones educativas! Esto incluye el uso doméstico para la preparación de clases.

No está permitido transmitir el código de desbloqueo a colegas de otros colegios u otras instituciones.

La empresa LD Didactic GmbH se reserva el derecho de la acción judicial respectiva si no se observa esta regulación.

CASSY® es una marca registrada de la empresa LD Didactic GmbH.

Autores del manual

Dr. Michael Hund
Dr. Karl-Heinz Wietzke
Dr. Timm Hanschke
Dr. Werner Bietsch
Dr. Antje Krause
Frithjof Kempas
Christoph Grüner
Mark Metzbaur
Barbara Neumayr
Bernd Seithe

Diagramación

Oliver Nießen

Fecha

21/09/2007

Contenido

Introducción 7
Información importante para después de la instalación de CASSY Lab 7
Software propio para CASSY-S 8

CASSY Lab 9
Medición 13
Medición (Unidad MCA) 15
Modificación de la representación tabular 16
Evaluaciones gráficas 17
Adición / Substracción de espectros (Unidad MCA) 23
Curvas de Gauss y tasa de conteo (Unidad MCA) 23

Ajustes 24
Ajustes CASSY 24
Ajustes Parámetro/Fórmula/FFT 25
Ajustes Representación 26
Ajustes Generación de modelo 27
Ajustes Comentario 28
Ajustes generales 28

Escritura de fórmulas 30
Ejemplos de fórmula 34

Sensor-CASSY 35
Datos técnicos 36
Ajustes Entrada del sensor 37
Magnitudes de medición de la entrada de sensor 38
Corregir Entrada de sensor 44
Ajustes Relé/Fuente de tensión 45

Power-CASSY 46
Datos técnicos 47
Ajustes Generador de funciones 48

Profi-CASSY 49
Datos técnicos 50
Ajustes Entrada analógica 51
Ajustes Salida analógica X (Generador de funciones) 52
Ajustes Salida analógica Y 53
Ajustes Entradas/Salidas digitales 53

CASSY-Display 54
Logger de datos 54

Pocket-CASSY (CASSY de bolsillo) 55
Datos técnicos 56
Empleo del Pocket-CASSY 57

Mobile-CASSY (CASSY móvil) 58
Datos técnicos 59
Empleo del Mobile-CASSY 60

Jouliómetro y vatímetro 61
Datos técnicos 63

Instrumento múltiple para mediciones en Física 64
Datos técnicos 65

Instrumento múltiple para mediciones en Química 66
Datos técnicos 67

Otros dispositivos seriales 68

ASCII, Balanza, VideoCom, IRPD, MFA 2001 68
MetraHit 69
Medidor de temperatura 69
Fotómetro espectral digital 69
Medidores portátiles y Logger de datos 70
Plataforma giratoria para antena 70

STM (Módulos de Enseñanza de las Ciencias) 73
Movimiento uniformemente acelerado - Diagrama Recorrido vs. Tiempo 74
Ley de Ohm 76
Conexión en serie de resistencias 78
Conexión en paralelo de resistencias 80
Ajuste de la tensión con un potenciómetro 82
Principio del puente de Wheatstone 84
Efecto de la distancia entre la fuente de radiación y el tubo contador sobre la tasa de conteo 86

Ejemplos de ensayos en Física 88
Movimientos uniformes entre dos barreras luminosas 91
Movimientos acelerados entre imán de retención y barrera luminosa 93
Movimientos con la rueda de radios (Definición del Newton) 95
Movimiento sobre el carril con cojín de aire (Ecuación de movimiento de Newton) 97
Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía (Choques) 99
Conservación de la cantidad de mov. mediante la medición del mov. del centro de gravedad 102
Acción=Reacción mediante la medición de aceleraciones (Choques) 104
Caída libre con la escalera g 106
Caída libre con la escalera g (con generación de modelo) 108
Movimientos giratorios (Ecuación de movimiento de Newton) 110
Momentum angular y la conservación de la energía (Choque giratorio) 112
Fuerza centrífuga (Brazo giratorio para fuerza centrífuga) 114
Fuerza centrífuga (Aparato para fuerza centrífuga) 116
Oscilaciones de un péndulo rígido 118
Oscilaciones de un péndulo rígido (con pesa) 120
Oscilaciones de un péndulo rígido (con generación de modelo) 122
Dependencia del periodo de un péndulo rígido respecto de la amplitud 124
Determinación de la aceleración de la gravedad con un péndulo reversible 126
Péndulo con aceleración de la gravedad g variable 128
Oscilaciones armónicas de un péndulo de resorte 131
Dependencia del periodo de un péndulo de resorte respecto a su masa oscilante 133
Oscilaciones de un péndulo de resorte (con generación de modelo) 135
Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de un sólido (con generación de modelo) 138
Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de lubricante (con generación de modelo) 141
Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción laminar de líquido 144
Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción turbulenta de líquido / aire 147
Péndulos acoplados con dos generadores tacométricos 150
Péndulos acoplados con dos sensores de giro 152
Pulsaciones acústicas 154
Oscilaciones de una cuerda 156
Velocidad del sonido en el aire 158
Velocidad del sonido en el aire con dos micrófonos 161
Velocidad del sonido en gases 163
Velocidad del sonido en sólidos 166
Análisis de Fourier de señales simuladas 168
Análisis de Fourier de señales de un generador de funciones 170
Análisis del sonido 172
Síntesis del sonido 174
Transformación de energía mecánica en energía térmica 176
Transformación de energía eléctrica en energía térmica 179
Diagrama pV de un motor de aire caliente 183
Ley de Coulomb 186
Fuerza en un campo magnético de una bobina sin núcleo 189
Fuerza en el campo magnético de un electroimán 192
Fuerza entre conductores con corriente (Definición del amperio) 195

Transitorios de tensión (Ley de inducción de Faraday) ... 198
Inducción causada por un campo magnético cambiante ... 201
Registro dependiente del tiempo de tensión y corriente de un transformador ... 205
Transmisión de potencia de un transformador ... 207
Potencia de consumidores con tensión alterna de red ... 209
Carga y descarga de un condensador ... 211
Carga y descarga de un condensador (con generación de modelo) ... 213
Carga y descarga de un condensador pequeño (Capacitancias de cables) ... 215
Circuito oscilatorio amortiguado ... 217
Circuito oscilador amortiguado (con generación de modelo) ... 219
Circuitos oscilatorios acoplados ... 221
Oscilaciones forzadas (Resonancia) ... 223
Oscilaciones forzadas (con generación de modelo) ... 225
Filtro RLC (Paso bajo, paso alto, pasabanda) ... 227
Filtro paso bajo (con generación de modelo) ... 230
Filtro paso alto (con generación de modelo) ... 233
Curvas características de una lámpara incandescente ... 236
Curva característica de un diodo ... 237
Curvas características de un transistor ... 240
Características de una célula solar ... 242
Control de temperatura ... 244
Control de iluminación ... 246
Control de tensión ... 248
Difracción en ranura simple ... 251
Difracción en ranuras múltiples ... 254
Ley cuadrática de la distancia para la luz ... 257
Velocidad de la luz en el aire ... 259
Velocidad de la luz en diferentes materiales ... 261
Experimento de Millikan ... 263
Experimento de Franck-Hertz con mercurio ... 266
Experimento de Franck-Hertz con neón ... 269
Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas K) ... 272
Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas L) ... 275
Reflexión de Bragg resuelta en energía en diferentes órdenes de difracción ... 279
Efecto Compton con rayos X ... 283
Distribución de Poisson ... 287
Vida media del radón ... 289
Espectroscopia α en muestras radioactivas (Am-241) ... 291
Determinación de la pérdida de energía de la radiación α en el aire ... 293
Determinación de la pérdida de energía de la radiación α en aluminio y oro ... 296
Determinación de la edad en una muestra de Ra-226 ... 298
Detección de radiación γ con un contador de centelleo (Cs-137) ... 300
Registro y calibración de un espectro γ ... 302
Absorción de radiación γ ... 304
Identificación y determinación de la actividad de muestras radioactivas débiles ... 306
Registro de un espectro β con un contador de centelleo ... 308
Observación cuantitativa del efecto Compton ... 310
Registro del espectro γ complejo de Ra-226 y sus productos de decaimiento ... 312
Registro de un espectro γ complejo de una camiseta de alumbrado ... 314
Coincidencia y correlación angular γ-γ en el caso de decaimiento de positrones ... 316
Mediciones con el analizador monocanal ... 319
Conducción eléctrica en sólidos ... 321
Histéresis de un transformador ... 323
Análisis no destructivo de compuestos químicos (Fluorescencia de rayos X) ... 326
Determinación de la composición química de una muestra de latón (Fluorescencia de rayos X) ... 329

Ejemplos de ensayos en Química ... 333

Mechero de Bunsen ... 334
Medición del pH de alimentos ... 337
Medición del pH de detergentes ... 340
Determinación del valor pKa del ácido acético ... 344

Titulación del ácido fosfórico ... 348
Punto de fusión y punto de solidificación del ácido palmítico ... 352
Sobreenfriamiento de una masa fundida de tiosulfato de sodio ... 355
Determinación de la masa molar mediante la disminución del punto de congelación ... 358
Titulación de ácido clorhídrico con soda cáustica (pH y conductividad) ... 362
Titulación del vinagre de cocina ... 365
Titulación del ácido acético con soda cáustica (pH y conductividad) ... 369
Titulación automática del NH3 con NaH2PO4 (Bureta con motor) ... 372
Titulación automática (Cuentagotas) ... 375
Cromatografía de gases (Separación de alcanos del gas del encendedor de bolsillo) ... 379
Cromatografía de gases (Separación de alcoholes) ... 381
Cromatografía de gases (Separación del aire) ... 383
Registro del espectro de una solución de clorofila en bruto (con el fotómetro espectral 667 3491) 385
Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del carbonato) ... 387
Descomposición de la urea mediante ureasas (Reacción de orden 0) ... 389
Hidrólisis del cloruro de butilo terciario (Determinación del orden de la reacción) ... 394
Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del orden de la reacción) ... 398
Hidrólisis alcalina del éster etilacético (Determinación del orden de la reacción) ... 402
Hidrólisis alcalina del éster etilacético (Determinación de los parámetros de activación) ... 406
Análisis termodiferencial del sulfato de cobre ... 411
Preparación de una mezcla fría ... 415
Determinación de la entalpía de fusión del hielo ... 417
Leyes de los gases ... 421
Determinación de la conductividad de diferentes soluciones ... 424
Determinación de la conductividad límite del cloruro de sodio ... 427
Determinación de la constante de disociación del ácido acético ... 431
Separación de una mezcla de dos componentes en el aparato de rectificación CE2 ... 436
Absorción de radiación UV ... 439
Simulación del agujero de ozono ... 441
Efecto invernadero del CO2 ... 444

Ejemplos de ensayos en Biología ... 447
Pulso ... 448
Resistencia de la piel ... 450
Electrocardiograma (ECG) ... 452
Electromiograma (EMG) ... 455
Presión sanguínea ... 456
Tiempo de reacción ... 458
Volumen respiratorio (Espirometría) ... 460
Medición de larga duración de datos climáticos ... 462

Ejemplos de ensayos en Técnica ... 464
Ordenador de a bordo con radio (Automóvil) ... 465
Sistema de confort en el automóvil con el bus CAN ... 467
Modulación por codificación de pulsos (Cuantificación) ... 469
Fundamentos físicos de la tecnología de microondas (Características del oscilador Gunn) ... 471
Guía de placas paralelas (modos TEM y TE) ... 473
Propagación de microondas en guía de ondas (Medición de la razón de onda estacionaria) ... 476
Tecnología de antenas ... 479
Servomandos ... 485

Indice de palabras de referencia ... 511

Introducción

La finalidad de este manual es darle al usuario una vista de conjunto de todas las posibilidades del software CASSY Lab. El texto de este manual es idéntico al texto de las ayudas que el programa dispone, las cuales pueden ser llamadas haciendo un clic con el ratón en cualquier momento.

Las ayudas contenidas en el programa ofrecen facilidades adicionales:

- Con el ratón se puede saltar directamente hacia las remisiones.
- Los ejemplos de ensayos y ajustes pueden ser cargados fácilmente haciendo un clic con el ratón.
- Además de la búsqueda por medio de indizados, también es posible la búsqueda de un texto completo.

Instalación

La instalación de CASSY Lab se realiza, o bien,

- automáticamente después de insertar el CD-ROM o
- manualmente después de iniciar el archivo **autorun.exe**

y luego siguiendo las instrucciones que aparecen en la pantalla de su monitor.

Información importante para después de la instalación de CASSY Lab

Uso del software con CASSY-S (Sensor-CASSY, Power-CASSY, Profi-CASSY, CASSY-Display, Pocket-CASSY y Mobile-CASSY)

Después del primer arranque de CASSY Lab introduzca el código de activación, tal como está indicado en su hoja de entrega y en su factura, en una hoja separada, bajo el número 524 200. Luego de ello, el software soportará a CASSY-S sin ninguna limitación (de otro modo sólo hasta un máximo de 20 veces).

Uso del software con dispositivos de medición seriales

CASSY Lab soporta otros dispositivos de medición seriales, el Joulíometro y vatímetro y el Instrumento múltiple para mediciones en Física/Química sin necesidad de un código de activación.

Manual

CASSY Lab tiene un extenso manual. Para un uso óptimo de CASSY Lab es imprescindible que el usuario se compenetre con el contenido de este manual. Esto se puede hacer de varias maneras:

- Cargue el manual contenido en el CD-ROM (ejecute **autorun.exe**).
- Solicite el manual impreso (524 206).
- Cargue el manual de Internet (en formato Adobe PDF).
- Utilice la ayuda del programa (el texto es idéntico al manual impreso, referido al contexto y con muchas remisiones y posibilidades de búsqueda ampliadas).

Primeros pasos

- Elija Introducción
- Visualice Ejemplos de ensayos

Los Ejemplos de ensayos suministrados pueden ser leídos sin CASSY y utilizados en otras evaluaciones. Los ajustes seleccionados en los ejemplos del programa pueden servir en nuevas mediciones o ser adaptadas a las mismas.

Soporte

Si todavía tiene preguntas por hacer a pesar de la ayuda detallada adjunta a los ejemplos de ensayos, diríjase a la siguiente dirección electrónica: cassy@ld-didactic.de.

Actualizaciones

CASSY Lab será ampliado y mejorado constantemente, y por supuesto debido también a las experiencias y comentarios y sugerencias de los usuarios.

- Cargar actualización desde Internet.

Software propio para CASSY-S

Usted mismo puede programar CASSY-S. A tal efecto, hemos puesto a su disposición en Internet la descripción del protocolo en el puerto y también un componente Delphi/Lazarus (con código fuente) para realizar un download en forma gratuita.

- Cargar información para desarrollo de software desde Internet.

Delphi (Windows) y Lazarus (Linux)

El soporte de CASSY con programas propios basados en Delphi o Lazarus es simple, ya que para ello solamente se deben vincular los componentes descritos anteriormente.

C/C++/Visual Basic

Mediante CASSYAPI.DLL (Windows) o libcassyapi.so (Linux) en CASSY se puede acceder a otros lenguajes de programación. A tal efecto vincule y llame CASSYAPI.DLL o libcassyapi.so. Las declaraciones requeridas para C/C++ están contenidas en CASSYAPI.H. Los tres archivos son parte de nuestro paquete gratuito de información para desarrolladores de programas para ser bajado de Internet.

LabVIEW (Windows y Linux)

Nuestro controlador LabVIEW para CASSY también puede ser bajado gratuitamente de Internet. Adicionalmente a los VIs (instrumentos virtuales) usados para el control de CASSY, el controlador también contiene ejemplos de aplicaciones.

LabVIEW es marca registrada de la empresa National Instruments.

CASSY Lab

Introducción

- Medición
- Evaluación
- Ejemplos de ensayos
- Software propio para CASSY-S

CASSY Lab soporta uno o varios módulos CASSY-S (Sensor-CASSY, Power-CASSY, Profi-CASSY, CASSY-Display, Pocket-CASSY y Mobile-CASSY) en el puerto USB o en el puerto serie del ordenador. Además también soporta otros dispositivos de medición serial, el Joulíometro y vatímetro y el Instrumento múltiple para mediciones en Física/Química. Durante el primer arranque de CASSY u otro dispositivo CASSY Lab pregunta cuál es el puerto serie en uso (COM1 hasta COM4). Aquí usted deberá indicarlo y almacenarlo como Predeterminado guardado. Para CASSYs en el puerto USB no se debe especificar ningún puerto serie. Estos son ubicados automáticamente. Si utiliza CASSY se le demandará que introduzca un código de desbloqueo.

Código de desbloqueo

Si CASSY Lab va a ser implementado junto con CASSY, entonces se requiere un código de activación de 24 cifras. Usted encontrará este código en la factura de compra y la hoja de entrega en una hoja aparte bajo el número 524 200 y debe ser introducido una sola vez junto con el nombre allí indicado. Luego de ello el software para CASSY quedará activado. Por favor, tenga siempre presente nuestro Copyright.

Si por el contrario CASSY Lab sólo va a ser utilizado con otros dispositivos seriales, con el Joulíometro y vatímetro o con el Instrumento múltiple para mediciones en Física/Química, no se requerirá **ningún** código de desbloqueo.

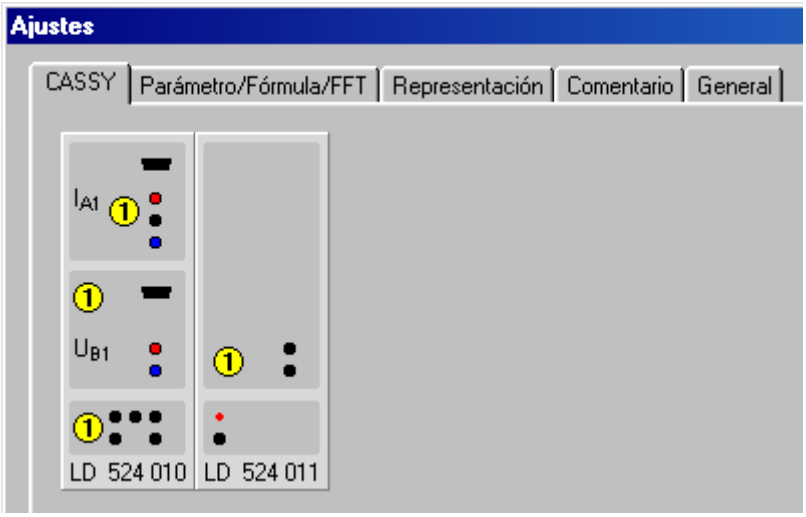
Si no le ha llegado este código, por favor envíenos un fax de la factura de compra de CASSY Lab (524 200) al número +49-2233-604607. Nosotros le enviaremos por fax tan pronto como sea posible su código de desbloqueo. CASSY Lab puede ser usado con CASSY por un tiempo de transición sin necesidad del código de desbloqueo, pero sólo un máximo de 20 usos.

Las versiones posteriores, que por ejemplo se pondrá a disposición en Internet, usarán este código de desbloqueo. Incluso los updates podrán ser usados sin limitaciones con él.

- Cargar actualización desde Internet.

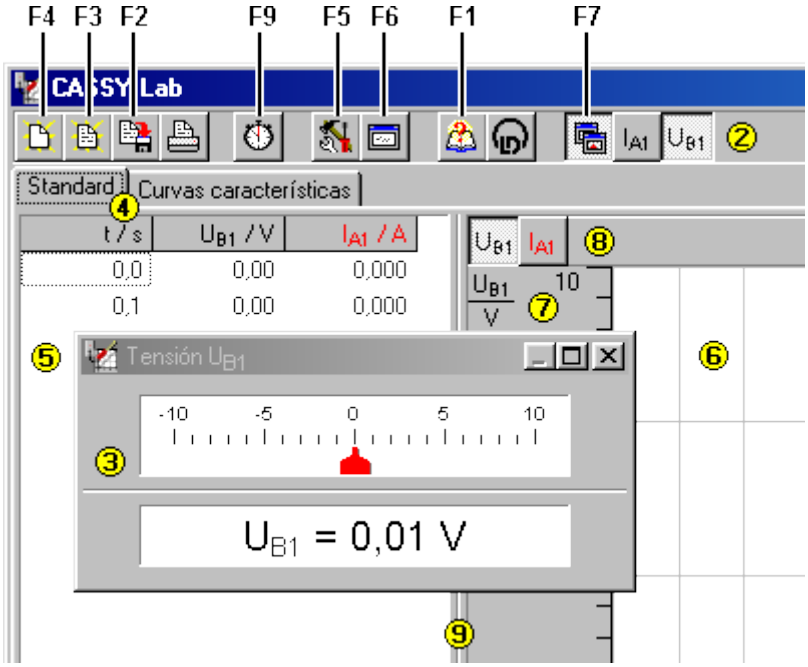
Primeros valores medidos

Si uno o varios CASSYs han sido reconocidos, la página CASSY de la ventana de ajuste (**F5**) muestra la configuración actual (con las unidades sensoras eventualmente conectadas). Para llevar a cabo una medición, sólo se requiere hacer un clic sobre la entrada o salida ① respectiva:



Una entrada o salida activa (canal) quedará marcada con un color y será colocada como botón en la parte de arriba, a la derecha junto con los botones rápidos ② de la ventana principal (aquí I_{A1} y U_{B1}).

Estos botones representan la posibilidad más simple para visualizar o cerrar (tecla izquierda del ratón) un instrumento de medición ③ del canal o modificar su ajuste (tecla derecha del ratón). Además, el canal aparece automáticamente al inicio en la tabla ⑤ y en el diagrama ⑥.



Las funciones básicas pueden ser ejecutadas directamente con los botones rápidos ② de la línea superior. Los botones rápidos más importantes también pueden ser operados mediante las teclas de funciones.

Debajo, mediante un clic de una de las páginas de representación ④ es posible conmutar entre la representación tabular ⑤ y la del diagrama ⑥, si anteriormente se definieron diferentes tipos de representación (aquí **Estándar** y **Curvas características**). Tabla y diagrama pueden ser maximizadas o minimizadas entre sí desplazando la línea de separación ⑨ con el ratón.

En muchos lugares **ambas** teclas del ratón (izquierda y derecha) tienen una función decisiva:

Elemento de mando	**Tecla izquierda del ratón**	**Tecla derecha del ratón**
① Disposición de CASSY	Conexión y cambio de un canal	Conexión y cambio de un canal
② Botón canal	Para abrir y cerrar el instrumento indicador, drag & drop hacia ② y ⑤ hasta ⑧	Ajustes del canal
③ Instrumento indicador	Desplazamiento de la línea de separación entre la indicación digital y la indicación analógica, drag & drop de los valores hacia ⑤	Ajustes del canal
④ Nombre de la representación	Conmutación hacia otra representación previamente definida	
⑤ Tabla	Edición de valores medidos, drag & drop de los valores dentro de la tabla o de los canales hacia ②	Representación de la tabla , por ej. tamaño de letra, borrado de líneas y de series de medición
⑥ Diagrama	Marcación de rangos de evaluación	Ajustes y evaluaciones en el diagrama
⑦ Escala	Desplazamiento de la escala	Fijación del mínimo, máximo y de la conversión de la escala
⑧ Símbolos de los ejes	Conmutación de la escala Y, drag & drop hacia ②	Ajustes del canal
⑨ Línea de separación	Desplazamiento de la línea de separación de tabla con diagrama	

También la asignación de teclas de los botones rápidos (2) facilita frecuentemente el trabajo:

 **F4**

Borra la medición actual manteniendo sus ajustes o, si no hay medición presente, borra los ajustes actuales.

Si se aplica por segunda vez esta función borra una medición con sus ajustes.

 **F3**

Carga una serie de medición con sus ajustes y sus evaluaciones.

Aquí también es posible adjuntar una serie de medición a una serie de medición presente (sin cargar sus ajustes y evaluaciones). Esto puede hacerse si las series de mediciones poseen las mismas variables de medida. Alternativamente también se puede medir otra serie de medición a posteriori y adjuntarla.

Se dispone además de un filtro de importación ASCII (tipo de archivo ***.txt**).

 **F2**

Guarda las series de mediciones actuales con sus ajustes y sus evaluaciones.

Aquí también se pueden almacenar sólo ajustes (sin datos de medición), con los cuales usted podrá repetir fácilmente un experimento.

Se dispone además de un filtro de exportación ASCII (tipo de archivo ***.txt**). Los archivo CASSY Lab (tipo de archivo ***.lab**) son leíbles con cualquier editor de textos.



Imprime la tabla actual o el diagrama actual.

 **F9**

Inicia y detiene una nueva medición.

Por otro lado una medición también puede ser detenida prefijando un tiempo de medición.

 **F5**

Modifica los ajustes actuales (por ej. CASSY, Parámetro/Fórmula/FFT, Representación, Comentario, Puerto serie). Para los parámetros de medición esta función debe ser accionada **dos veces**.

 **F6**

Representa el contenido de la línea de estado en un cuadro grande o lo oculta nuevamente.

 **F1**

Llama a esta ayuda.



Da información sobre la versión del software y permite la entrada del código de desbloqueo.

 **F7**

Cierra todos los instrumentos indicadores abiertos o los abre nuevamente.

Exportar e importar en formato ASCII

Si en la ventana de selección de archivo elige como tipo de archivo ***.txt**, entonces podrá exportar o importar fácilmente archivos ASCII.

El formato de los datos empieza con un encabezado, en el que todas las líneas empiezan nuevamente con una palabra clave. De esta manera se fijan los rangos de medición (MIN, MAX), escalas (SCALE), número de decimales significativos (DEC) y la propia definición de las magnitudes de medición (DEF). Excepto la línea DEF todas las otras son opcionales. Después del encabezado sigue la tabla con los valores medidos.

Véase por ej. el sintaxis exacto del archivo que se crea en una exportación de datos.

Línea de estado

En la línea de estado en el borde inferior de la pantalla se visualiza los resultados de la evaluación. Este resultado puede ser representado también en una ventana grande o hacerlo desaparecer pulsando  o **F6**.

Drag & Drop

Los resultados de la evaluación que se muestran en la línea de estado pueden ser arrastrados con el ratón hacia la tabla (arrastrar y dejar caer). De esta manera se pueden crear diagramas que dependan de los resultados de la evaluación.

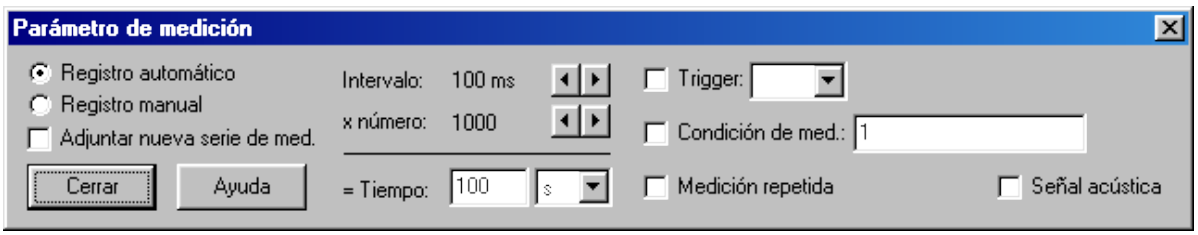
Medición

F9

Inicia y detiene una nueva medición. Durante o después de una medición, la tecla derecha del ratón abre en la tabla el menú de la representación tabular y en el diagrama el menú de evaluaciones.

F5

Da la posibilidad de modificar los ajustes y los parámetros de medición (al accionar la tecla **dos veces**), mediante la cual la propia medición es controlada:



Los predeterminados en estas ventanas dependen de las unidades sensoras conectadas. Esto simplifica la adaptación en una tarea de medición especial, porque de esta manera se llevan a cabo los ajustes típicos de la unidad sensora. En mediciones con la **Unidad MCA** esta ventana se ve diferente.

Registro automático

El software decide sobre el momento exacto de un registro de datos. Después de iniciada la medición (por ej. con **F9)** se espera un **Trigger**, ajustado eventualmente, y luego después de transcurrido el intervalo de tiempo prefijado se registra cada vez una línea de valores. El **Intervalo**, el **número** de los puntos a medir por medición, así como el **Tiempo** de medición total pueden ser adaptados anteriormente según los requerimientos. Aquí se puede conseguir una visualización continua con **Medición repetida**.

En intervalos de tiempo a partir de 100 ms se evalúa, además del trigger, la **Condición de medición** y eventualmente se emite una **señal acústica** durante el registro de datos. La condición de medición es una Fórmula. Un resultado de fórmula diferente a 0 significa ACTIVO="Registro de datos posible", un resultado de fórmula igual a 0 significa INACTIVO="Registro de datos bloqueado". El proceso de medición corre desde que la medición se inicia **y** el resultado de la fórmula se encuentra ACTIVO. Por ejemplo, si se desea realizar una medición el 21.10.1999 entre las 13:00 y las 14:00 horas, entonces la fórmula debe tener la forma: date = 21.10.1999 and time >= 13:00 and time <= 14:00.

En algunas magnitudes de medición (por ej. tasa, frecuencia, tiempo transcurrido, tiempo de oscurecimiento, desplazamiento, al emplear la Unidad GM ó la Unidad Timer) el software no evalúa el intervalo de tiempo prefijado. En este caso la medición es controlada por el tiempo de puerta o por los propios impulsos de medición.

Registro manual

El usuario decide sobre el momento exacto del registro de los datos. En cada inicio (por ej. con **F9**) se registra exactamente **una** línea de valores, es decir se tomarán los valores actuales de los instrumentos en la tabla y en el diagrama. De manera que para obtener una serie de medición completa es necesario repetir manualmente el registro de datos.

Adjuntar nueva serie de medición

Permite el registro sucesivo de varias series de mediciones. Todas las series de mediciones son representadas simultáneamente en la tabla y en el diagrama. Cada representación de una serie de medición toma un color diferente de las otras representaciones.

También es posible registrar cada una de las series de mediciones sucesivamente y guardarlas individualmente. Incluso si se cargan varias series de medición comparables entre sí (es decir cuando éstas poseen las mismas magnitudes), entonces también es posible seguir adjuntando otras series de mediciones.

Modificación y borrado de los valores medidos / Entrada de parámetros

Todos los valores medidos (excepto el tiempo y fórmulas) pueden ser editados en la tabla. A tal efecto se debe hacer un clic sobre la celda de valores y con el teclado se edita el valor numérico. Esta es la única posibilidad para introducir un parámetro en la tabla.

Para borrar los valores medidos hay varias posibilidades. En el menú del contexto (tecla derecha del ratón) de la tabla se pueden borrar cada vez las últimas líneas de la tabla o todas (adjuntas) las series de medición (borrar series de mediciones). En el menú de contexto (tecla derecha del ratón) del diagrama se pueden borrar intervalos enteros de datos.

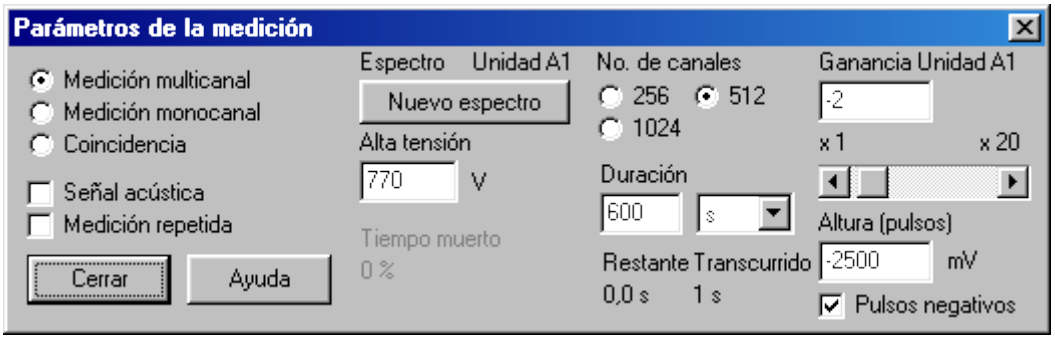
Medición (Unidad MCA)

 **F9**

Inicia y detiene una nueva medición. Durante o después de una medición, la tecla derecha del ratón abre en la tabla el menú de la representación tabular y en el diagrama el menú de evaluaciones.

 **F5**

Da la posibilidad de modificar los ajustes y los parámetros de medición (al accionar la tecla **dos veces**), mediante la cual la propia medición es controlada:



Esta es la central de mando de una medición con la unidad MCA. Los ajustes generales como el tiempo medición se realizan en la parte izquierda de la ventana. Según el modo de medición seleccionado (multicanal, monocanal, coincidencia) se puede ajustar otras opciones en la parte derecha de la ventana.

Medición multicanal (MCA)

El número de canales, el tiempo de medición y la ganancia de la unidad se ajustan en la parte derecha de la ventana. El mejor resultado se consigue con una configuración para la ganancia de 1, 2, 5 ó 10 o ligeramente superior. Una escritura en rojo significa que la predeterminación está errada.

Medición monocanal

El número de canales es reemplazado por el número de puntos medidos unos tras otro.

La duración de la medición y el tiempo de medición por punto influyen recíprocamente sobre el número de puntos de la medición.

El ancho de la ventana de medición para cada medición individual puede ser indicado en porcentaje del rango total medido o por medio de la distancia entre dos puntos de medición.

La ganancia se ajusta como en el modo Multicanal.

Medición de coincidencia

Aquí se utilizan dos unidades MCA con un CASSY. Uno de ellos registra un espectro multicanal, pero sólo, cuando simultáneamente se registran pulsos en la ventana de coincidencia de la otra unidad (Coincidencia) o cuando no se registra ningún pulso (Anti-coincidencia).

El modo básico de medición corresponde a la medición multicanal, los ajustes para el número de los canales y la ganancia en el centro de la ventana son válidos para la unidad que registra el espectro.

A la derecha se configuran los parámetro para la coincidencia. Las amplitudes mínimas y máximas de los pulsos de la ventana son indicados en porcentaje del rango de medición. Por medio del botón **Mostrar** se puede marcar un rango en un espectro medido anteriormente con esta (!) unidad y representarlo como ventana.

Modificación de la representación tabular

Para modificar la representación de las tablas haga un clic en la tabla con la tecla derecha del ratón. Los valores individuales pueden ser cambiados después de pulsar la tecla izquierda del ratón o arrastrándolos a otras celdas de valores (función drag & drop).

- Cambiar asignación de columna
- Elegir tamaño de letra
- Borrar última línea de tabla
- Borrar última serie de medición
- Copiar tabla/ventana

Cambiar asignación de columna

Llama a la Ventana de representación. Aquí se puede cambiar la ocupación de la columna "x" y de las hasta 8 columnas "y" de la tabla. También se puede hacer una conversión de las columnas.

Alternativamente también se puede cambiar la asignación de columnas efectuando un arrastre y posicionamiento (drag & drop) entre los botones de los canales y el encabezado de la tabla.

Elegir tamaño de letra

El tamaño de los caracteres de la tabla es ajustable. Para su elección se dispone de caracteres pequeños, de tamaño medio y grandes.

El ajuste actual puede ser almacenado como predeterminado para arranques posteriores del programa en los Ajustes generales.

Borrar última línea de tabla

Borra cada vez la última fila en la tabla. Al mismo tiempo se borran también los valores no visibles de otros canales que hayan sido registrados simultáneamente. Por otro lado también se pueden borrar series de medición completas.

Esta función ha sido destinada para borrar una medición errónea durante el registro manual.

Abreviación

Teclado: Alt + L

Borrar última serie de medición

Borra cada vez la última serie de medición en la tabla. Por otro lado también se pueden borrar las últimas líneas de la tabla individuales.

Esta función ha sido destinada para borrar una medición errónea durante el registro automático.

Portapapeles

Con **Copiar tabla** y **Copiar ventana** se puede copiar la tabla como texto y la ventana principal como bitmap en el portapapeles de Windows. De este manera quedan a disposición para su procesamiento posterior con otros programas Windows.

Evaluaciones gráficas

Las numerosas evaluaciones gráficas pueden ser hechas haciendo un clic con la tecla derecha del ratón en el diagrama.

- Cambiar asignación de ejes
- Visualizar coordenadas
- Selección del ancho de línea
- Seleccionar representación de valores
- Seleccionar reglas
- Insertar cuadrícula
- Zoom
- Deshacer zoom
- Pegar marcas
- Texto
- Línea vertical
- Línea horizontal
- Medir diferencia
- Valor medio de intervalos
- Efectuar ajustes
- Cálculo de la integral
- Cálculo de la distribución de Poisson
- Cálculo de la distribución de Gauss
- Cálculo del centro del pico
- Determinar factor de forma
- Determinar ondulación
- Ajuste con curvas gaussianas
- Determinación del punto de equivalencia
- Determinación de la sístole y la diástole
- Borrar última evaluación
- Borrar todas las evaluaciones
- Borrar porción (sólo datos medidos)
- Copiar Diagrama/Ventana

Cambiar asignación de ejes

Este comando llama a la Ventana de representación. Aquí se puede cambiar la asignación del eje "x" y de hasta los 8 ejes "y". También es posible la conversión de ejes.

Alternativamente también se puede cambiar la asignación de ejes mediante arrastre y posicionamiento (drag & drop) entre los botones de los canales y el diagrama.

Visualizar coordenadas

Después de encender esta función la línea de estado contiene las coordenadas actuales del puntero del ratón, si éste se encuentra en un diagrama. La indicación de coordenadas está activa hasta que otra vez al seleccionar este comando se desactive esta opción o uno ejecute una de las evaluaciones siguientes Pegar marcas, Valor medio de intervalos, Efectuar ajustes, Cálculo de la integral o escriba el resultado de una de las otras evaluaciones en la línea de estado.

Las coordenadas actuales también pueden ser escritas en el diagrama. A tal efecto llame al comando Texto con Alt+T mediante el teclado, sin cambiar la posición del puntero del ratón, ya que de otro modo se tomarán las coordenadas falsas.

El ajuste actual puede ser guardado como predeterminado en Ajustes generales para arranques posteriores del programa.

Abreviación

Teclado: Alt + C

Selección del ancho de línea

El ancho de línea para la visualización del diagrama y de las evaluaciones que se lleven a cabo allí es ajustable. Se dispone de líneas delgadas, de tamaño medio y líneas gruesas.

El ajuste actual puede ser almacenado como predeterminado en Ajustes generales para posteriores arranques del programa.

Seleccionar representación de valores

Se dispone de seises funciones diferentes para influenciar la representación de los valores.

Insertar valores	Cuadrados, triángulos, círculos, rombos, ...
Insertar líneas de unión	Líneas de unión entre los puntos de la medición
Interpolación Akima	Valores entre puntos de medición interpolados según Akima
Interpolación sinc	Valores entre puntos de medición interpolados con $\text{sinc}(x)=\sin(\pi x)/\pi x$
Insertar barras	Barras de los valores medidos
Insertar ejes	Línea de base del eje X y del eje Y

El ajuste actual puede ser almacenado como predeterminado en Ajustes generales para posteriores arranques del programa.

Las interpolaciones Akima y sinc no se calculan pasando por alto las definiciones y tampoco durante una medición. Durante la medición sólo se enlaza los puntos a través de líneas rectas cortas. Recién después de la medición la interpolación calcula las porciones de curva entre los puntos medidos. La interpolación sinc es ideal para señales que no contienen componentes de frecuencia por encima de la frecuencia media de exploración. Esto conduce a un sobremuestreo de 10 veces.

Seleccionar reglas

En el diagrama se puede insertar o desactivar escalas en la parte superior izquierda o inferior izquierda del mismo.

El ajuste actual puede ser almacenado como predeterminado en Ajustes generales para posteriores arranques del programa.

Insertar cuadrícula

Este comando permite insertar una cuadrícula o desactivarla en el diagrama.

El ajuste actual puede ser almacenado como predeterminado en Ajustes generales para posteriores arranques del programa.

Zoom

Después de activar este comando, se debe definir la región que va a ser aumentada. Esto se lleva a cabo con la tecla izquierda del ratón.

Una representación que ha sido previamente aumentada puede seguir siendo aumentada. Para desactivar el zomm elija el comando Deshacer zoom.

Abreviación

Teclado: Alt + Z

Deshacer zoom

Retorna la región seleccionada actual del diagrama a su tamaño original.

Abreviación

Teclado: Alt + O

Calibración de energía (Unidad MCA)

Los espectros registrados han sido subdivididos en canales. Si se asigna a uno o dos canales una energía, entonces es posible elegir una representación sobre la energía. Después de llamar a la calibración de energía se puede poner con el ratón una marca, cuyo canal será ingresado en el cuadro de diálogo. Alternativamente también es posible ingresar manualmente los canales después de hacer un clic en la ventana de diálogo. Como tercera posibilidad se tiene el ajuste de una función gaussiana, cuyo resultado se deposita en el cuadro de diálogo haciendo un drag & drop desde la línea de estado. Las dos casillas de selección para las energías contienen ya predeterminados para los preparados radioactivos usuales.

Si la opción **Calibración global de energía** ha sido seleccionado, los valores registrados son válidos para todos los espectros registrados hasta ahora y los espectros futuros de esta serie de mediciones.

Si esta opción no es seleccionada, entonces es válida la calibración para el espectro registrado y los espectros futuros de esta serie. La calibración es desechada, si el programa termina, se cambia a la Unidad MCA o si la ganancia de la unidad se varía. Se ya existen espectros calibrados se puede asumir la calibración de los mismos.

Abreviación

Teclado: Alt + E

Pegar marcas

Se dispone de cuatro diferentes funciones de marcado. Las marcaciones pueden ser editadas o desplazadas haciendo un doble con la tecla izquierda del ratón sobre la marcación respectiva y también ser borradas del diagrama.

Alt+T: Texto

Con la función de texto el diagrama puede ser rotulado en cualquier posición con un texto cualquiera. Después de la entrada de texto sólo hay que desplazarlo hacia la posición deseada y colocarlo con la tecla izquierda del ratón.

Después de todas las evaluaciones que han suministrado resultados numéricos en la línea de estado, estos valores numéricos son propuestos aunque como textos, los que podrán ser asumidos, editados o simplemente desechados por el usuario.

Alt+V: Línea vertical

Con esta función es posible dibujar líneas verticales en cualquier lugar del diagrama. La posición se da en la línea de estado. En ese caso, si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas ésta quedará desactivada.

Alt+H: Línea horizontal

Con esta función es posible dibujar líneas horizontales en cualquier lugar del diagrama. La posición se da en la línea de estado eingetragen. Si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas ésta quedará desactivada.

Alt+D: Medir diferencia

Luego de hacer un clic sobre un punto de referencia es posible dibujar cualquier línea en el diagrama. La diferencia de coordenadas entre el punto inicial y el punto final de la línea respectiva se indica en la línea de estado. Si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas ésta quedará desactivada.

Valor medio de intervalos

Después de seleccionar la opción de cálculo del valor medio, con la tecla izquierda del ratón se debe seleccionar la porción de curva, para la cual se calculará el valor medio. El valor medio es indicado junto con su error estadístico en la línea de estado. Si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas ésta quedará desactivada.

El valor medio actual puede ser escrito también como texto en el diagrama. Con un doble clic sobre una línea de valor medio ésta podrá ser borrada del diagrama.

Efectuar ajustes

Se dispone de ocho diferentes ajustes:

Recta por origen	$y=Ax+B$
Recta promedio	$y=Ax$
Parábola normal	$y=Ax^2$
Parábola	$y=Ax^2+Bx+C$
Hipérbola 1/x	$y=A/x+B$
Hipérbola $1/x^2$	$y=A/x^2+B$
Función exponencial	$y=A*\exp(-x/B)$
Envolvente	$y=\pm A*\exp(-x/B)+C$ (Atenuación en caso fricción del aire)
Libre ajuste	$y=f(x,A,B,C,D)$

Después de seleccionar el tipo de ajuste, con la tecla izquierda del ratón se debe marcar después la porción de curva en la que se va a realizar el ajuste.

En el ajuste libre, antes de marcar el rango, se debe introducir la función f(x,A,B,C,D), los valores iniciales razonables y el tiempo de ejecución máximo permitido. Para la entrada de la función son válidas las reglas ya conocidas. Los valores iniciales deben ser elegidos lo más cercano a la realidad posible, para que el ajuste pueda dar buenos resultados. En caso de que un ajuste resulte erróneo, se puede repetirlo con otros valores iniciales y/o mayores tiempos de ejecución. Además, también se puede mantener constante los parámetros A, B, C o D individualmente durante el ajuste.

El ajuste libre permite también la generación automática de un nuevo canal mediante **Representar automáticamente el resultado como un nuevo canal (parámetro)**. De esta manera los diferentes ajustes se verán en diferentes colores y pueden ser evaluados posteriormente mediante Fórmulas.

Los parámetros actuales del ajuste (A, B, C y D) se indican durante el ajuste en la línea de estado. Si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas está quedará desactivada. Estos valores podrán ser insertados luego como texto en el diagrama. Al hacer un doble clic sobre un ajuste éste podrá ser borrado del diagrama.

Cálculo de la integral

El valor de la integral se obtiene de la superficie encerrada por la porción de curva (seleccionada con la tecla izquierda del ratón) y el eje X, o de la superficie del pico. El valor de la integral es indicado en la línea de estado. Si anteriormente estuvo activa la visualización de coordenadas está quedará desactivada.

El valor actual de la integral también puede ser insertado en el diagrama como texto.

Otras evaluaciones —> Cálculo de la distribución de Poisson

(para ser usada sólo en distribuciones de frecuencias)

A partir del rango marcado del histograma se calcula el número total n de los eventos, el valor medio μ y la desviación estándar σ, los cuales son indicados en la línea de estado. El programa traza la distribución de Poisson calculada: $y=n\cdot\mu^x/x!*\exp(-\mu)$.

Otras evaluaciones —> Cálculo de la distribución de Gauss

(para ser usada sólo en distribuciones de frecuencias)

A partir del rango marcado del histograma se calcula el número total n de los eventos, el valor medio μ y la desviación estándar σ, los cuales son indicados en la línea de estado. El programa traza la distribución de Gauss calculada: $y=n/\sigma/\mathrm{Sqrt}(2\pi)*\exp(-(x-\mu)^2/2\sigma^2)$.

Otras evaluaciones —> Cálculo del centro del pico

Se calcula el centro del pico marcado, el cual es indicado en la línea de estado. Al hacer un doble clic sobre la línea del centro ésta desaparecerá del diagrama.

Otras evaluaciones —> Determinar factor de forma
(sólo tiene sentido para las curvas periódicas)

Para el intervalo marcado $[t_1,t_2]$ de una señal periódica (por ej. U(t)) se calcula y se muestra en la línea de estado lo siguiente:

- Valor medio (valor medio del valor absoluto)
 $$U_{ABS\,MEAN} = \int_{t_1}^{t_2} |U(t)| \cdot dt / (t_2 - t_1)$$
- Valor eficaz
 $$U_{RMS} = \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} U^2(t) \cdot dt / (t_2 - t_1)}$$
- Factor de forma
 $$f = U_{RMS} / U_{ABS\,MEAN}$$

Para ello se debe marcar siempre un número entero de periodos.

Otras evaluaciones —> Determinar ondulación
(sólo tiene sentido para las curvas periódicas)

Para el intervalo marcado [t_1,t_2] de una señal periodica (por ej. U(t)) se calcula y se muestra en la línea de estado lo siguiente:

- Valor medio

$$U_{MEAN} = \int_{t_1}^{t_2} U(t) \cdot dt / (t_2 - t_1)$$

- Valor eficaz

$$U_{RMS} = \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} U^2(t) \cdot dt / (t_2 - t_1)}$$

- Ondulación

$$r = \sqrt{U_{RMS}^2 - U_{MEAN}^2} / U_{MEAN}$$

Para ello se debe marcar siempre un número entero de periodos.

Otras evaluaciones —> Ajuste con curvas gaussianas (Unidad MCA)
Otras evaluaciones —> Gaussianas del mismo ancho (Unidad MCA)
Otras evaluaciones —> Gaussianas del mismo ancho relativo (Unidad MCA)
Otras evaluaciones —> Gaussianas de energías predeterminadas (Unidad MCA)

Con estos puntos de menú se puede ajustar un espectro con gaussianas o sumas de gaussianas de varias maneras.

El resultado del ajuste de Gauss es una fórmula compuesta de varios sumandos del tipo

$$A \cdot e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2},$$

en donde en el ajuste se determinan los parámetros A, μ y σ.

En el caso más simple se ajusta exactamente una gaussiana en la porción marcada. Si se desea ajustar una suma de varias gaussianas, entonces se debe indicar el número de máximos (picos) y la posición aproximada de cada uno de ellos. Para ello se tiene que haber trazado las marcas respectivas (centros de los picos, líneas verticales o energías de rayos X marcadas).

En la forma general "Ajuste con curvas gaussianas" todos los parámetros son libres. En cada gaussiana se ajusta la amplitud A_i, posición μ_i y ancho σ_i, así como un desplazamiento (offset) común.

En los otros puntos del menú la calidad del ajuste puede ser mejorada limitando los grados de libertad. En "Gaussianas del mismo ancho" sólo existe un ancho $\sigma = \sigma_i$. En "Gaussianas del mismo ancho relativo" se tiene $\sigma_i = \sigma_0 \cdot \mu$, el ancho de las curvas aumenta con la energía.

En "Gaussianas de energías predeterminadas" las posiciones prefijadas de cada uno de los máximos no varían, esto es: μ_i = constante. Aquí se ajustan todas las A_i y un $\sigma = \sigma_i$ y no hay ningún desplazamiento (offset). Esto se aplica especialmente en el caso de energías de rayos X marcadas.

Otras evaluaciones —> Determinación del punto de equivalencia
(para ser utilizada en las curvas de titulación pH en función del volumen)

En la porción de curva marcada de la curva de titulación se determina el punto de equivalencia y el valor pK, los cuales son indicados en la línea de estado. En ácidos o bases fuertes (con pK < 1) es razonable marcar sólo la porción inmediatamente antes y después del punto de equivalencia. De esta manera se puede evitar obtener un valor de pK incorrecto. Al hacer un doble clic sobre el punto de equivalencia éste desaparecerá del diagrama.

Otras evaluaciones —> Determinación de la sístole y la diástole
(para ser utilizada sólo en las curvas de presión sanguínea)

En la porción de curva marcada de la curva de presión sanguínea se determina la sístole y la diástole, las cuales son indicadas en la línea de estado. Al hacer un doble clic sobre la sístole o sobre la diástole éstas desaparecerán del diagrama.

Borrar última evaluación

Este comando deshace cada vez la última evaluación. Esto es posible para las siguientes evaluaciones:

- Pegar marcas
- Valor medio de intervalos
- Efectuar ajustes
- Cálculo de la integral
- Otras evaluaciones

Abreviación

Teclado: Alt + Retroceso

Borrar todas las evaluaciones

Todas las evaluaciones listadas a continuación quedarán sin efecto:

- Pegar marcas
- Valor medio de intervalos
- Efectuar ajustes
- Cálculo de la integral
- Otras evaluaciones

Borrar porción (sólo datos medidos)

Los datos medidos de la porción de curva marcada serán eliminados. Esto sólo se refiere a los valores medidos que están representados sobre el eje "y". No se pueden borrar magnitudes evaluadas (por ej. calculadas mediante una fórmula) o valores sobre el eje "x".

Portapapeles

Con **Copiar diagrama** y **Copiar ventana** se puede copiar el diagrama y la ventana principal como bitmap en el portapapeles de Windows. Aquí quedan a disposición de otros programas Windows para un procesamiento posterior.

Marcación de una porción de curva

Para algunas evaluaciones se requiere marcar una porción de curva en la cual se efectuará la evaluación.

Desplace el puntero del ratón manteniendo la tecla izquierda presionada desde el inicio hasta el final del rango. También se puede hacer un clic sobre el punto inicial y el punto final.

Durante la marcación de la porción de curva aparece un rango marcado en verde.

Adición / Substracción de espectros (Unidad MCA)

La adición / substracción de espectros se realiza en la representación de todos los espectros. Aquí se arrastra simplemente un espectro de un lado a otro (función drag & drop). Alternativamente también es posible arrastrar el símbolos de un espectro de la línea de símbolos en un diagrama. En el cuadro de selección respectivo se puede determinar la operación y el destino del cálculo.

Curvas de Gauss y tasa de conteo (Unidad MCA)

En el cálculo de la tasa de conteo total bajo un pico se tiene que tener en cuenta algunas consideraciones, que son relevantes para la evaluación de las curvas gaussianas.

En el espectro medido se puede determinar la tasa de conteo total como la Integral en un rango, por ej. bajo un pico. En las mediciones con el MCA el resultado no es una integral real respecto al eje x (Energía o canales), sino la suma sobre todos los canales y tiene la unidad "Eventos".

La tasa de conteo total de una línea se puede determinar también a partir del ajuste de una curva de Gauss. El resultado del ajuste gaussiano es una fórmula compuesta de varios sumandos del tipo

$$A \cdot e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

,

en donde en el ajuste se determinan los parámetros A, μ y σ.

La superficie bajo una curva de Gauss puede ser calculada y tiene el valor

$$\int_{-\infty}^{\infty} A \cdot e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}\, dx = A \cdot \sigma\sqrt{2\pi}$$

.

Esta integral real sobre la curva de Gauss posee la unidad "Eventos * Energía", ya que el ancho de línea σ tiene la unidad "Energía".

Para convertir la tasa de conteo como la suma sobre todos los canales, el resultado del ajuste debe ser dividido entre el ancho de energía de un canal. El ancho de un canal de energía se lee de la diferencia de energía ΔE entre dos canales en la tabla, o tomado de las propiedades de un espectro medido (hacer un clic con la tecla derecha del ratón sobre el símbolos de un espectro).

La tasa de conteo total de una curva gaussiana es entonces

$$\frac{A \cdot \sigma\sqrt{2\pi}}{\Delta E}$$

Los parámetros A y σ son entregados como resultado al ajustar la curva de Gauss, el ancho ΔE de un canal puede ser leído de la diferencia de energía entre dos canales de la tabla.

La solución matemática impecable de este problema sería ingresar la amplitud A generalmente en "Tasa de conteo por intervalo de energía", pero esto no es usual en la práctica.

Ajustes

 **F5**

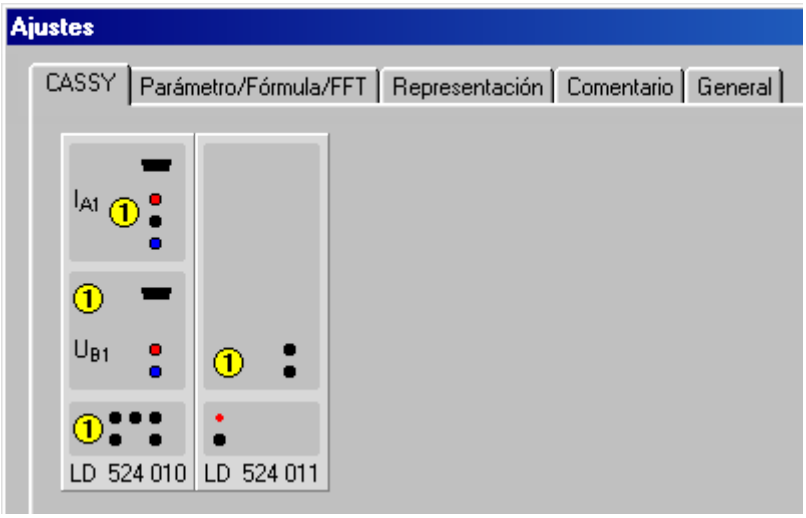
Por medio de este cuadro de diálogo uno puede llevar a cabo todos los ajustes a excepción de los Parámetros de medición. Estos ajustes han sido subdivididos en seis grupos:

- CASSY (Definición de las entradas y salidas de CASSY)
- Parámetro/Fórmula/FFT (Definición de otras variables como parámetros, por fórmula, FFT)
- Representación (Para cambiar la asignación de columnas de la tabla y la asignación de ejes del diagrama)
- Generación de modelo (Definición de modelos mediante ecuaciones diferenciales)
- Comentario (Sitio para textos propios)
- General (Selección del dispositivo serial, de la interface serie y guardado de los predeterminados)

Ajustes CASSY

 **F5**

Aquí se visualiza la disposición actual de los módulos CASSY y las unidades sensoras. Si cambia la disposición actual (por ej. un nuevo módulo o una nueva unidad sensora), este cambio se ejecutará también en la visualización.



Al hacer un clic de un canal ① este podrá ser activado y configurado. Las magnitudes ajustables dependen del módulo CASSY y de la unidad sensora conectada. Para cada canal activado se registrarán valores en la tabla y en el diagrama durante una medición. Su representación (asignación de columnas y de ejes) puede ser cambiada.

Si ya hay canales activos, no se visualizará más la disposición actual. En lugar de ello se comparan los canales activos con la disposición actual y se visualizan las desviaciones. De esta manera es fácil, por ejemplo, volver a retomar la disposición anterior de los módulos CASSY y de las unidades sensoras después de cargar un archivo de medición.

Si no se visualiza la disposición actual, entonces esto puede forzarse mediante **Actualizar disposición**. Al mismo tiempo se pierden los canales activos.

Si ya hay canales activos, la ventana Parámetro de medición puede ser abierta mediante **Visualizar parámetro de medición**.

Ajustes Parámetro/Fórmula/FFT

 **F5**

Algunas magnitudes no pueden ser medidas directamente con CASSY y por ello no pueden ser presentadas como Canal CASSY. Pero si tales magnitudes deben ser indicadas en una tabla o en un diagrama, entonces las magnitudes tendrán que ser definidas aquí.

Nueva magnitud instala un nuevo récord de datos, el cual empieza con el nombre de esta magnitud. A la nueva magnitud se le debe asignar un símbolo, bajo el cual ésta será abordada. Este símbolo debe contener pocas letras, pero suficientemente expresivas. Incluso está permitido que contenga un carácter & seguido de una letra para visualizar la letra griega respectiva (de otro modo sólo se verá la letra latina). Además los valores propuestos para el rango de medición y las escalas de los ejes (muy importante para la representación analógica y la representación gráfica), así como el número de posiciones decimales significativas (muy importante para la representación digital y la representación tabular), deberán ser adaptados a los requerimientos individuales.

Se dispone de ocho tipos diferentes de nuevas magnitudes:

Constante

Una constante es una cantidad cuyo valor puede ser modificada a través del símbolo que le ha sido asignado en fórmulas y modelos generados. La gran ventaja de las constantes es que sus valores pueden ser modificados fácilmente arrastrando la aguja indicadora del instrumento respectivo. De esta manera se puede modificar, por ejemplo, fórmulas (véase más adelante) o modelos generados para que el resultado del cálculo coincida exactamente con la medición. Para diferenciar con facilidad parámetros y constantes respecto a otros canales las agujas indicadoras son de color magenta.

Configurando un rango de visualización de 0 a 1 y un número de posiciones decimales igual a 0 se puede definir también constantes binarias (interruptores) que pueden ser conmutados mediante un clic sobre su instrumentos indicador.

Parámetro

Para cada parámetro se reserva una columna de la tabla. Todos los valores numéricos que deban estar en esta columna de la tabla, deberán ser introducidos por medio del teclado. Esto puede hacerse antes o después del registro de los otros valores medidos haciendo un clic con el ratón sobre las celdas de la tabla. Se recomienda introducir el parámetro **antes** del registro para que los puntos de medición correctos aparezcan directamente en el diagrama durante el registro de datos manual y no se utilice otra vez el valor antiguo del parámetro.

Alternativamente el valor del parámetro también puede ser introducido en los ajustes del parámetro o ser desplazado en el instrumento indicador con la tecla izquierda del ratón. Para diferenciar con facilidad parámetros y constantes respecto a otros canales las agujas indicadoras son de color magenta.

Fórmula

Dependiendo de las magnitudes ya conocidas es posible definir una nueva magnitud a través de una fórmula matemática. Las magnitudes conocidas son abordadas por medio de sus símbolos, indicadas en la lista. La fórmula en sí deberá ser introducida observando la escritura de fórmulas correcta (véase también Ejemplos). Para diferenciar con facilidad las magnitudes convertidas respecto a otros canales las agujas indicadoras son de color violeta.

Cuando fórmulas antiguas deben depender de una nueva magnitud, entonces primero se debe modificar la secuencia de magnitudes mediante drag & drop dentro de los botones rápidos en la línea superior. Todas las variables de una fórmula deben encontrarse a la izquierda de esta fórmula.

Derivada, integral, valor medio, FFT (Fourier Transformation), Histograma

Para la derivación temporal, la integración temporal y la transformada de Fourier FFT se debe seleccionar el canal que va a ser transformado. En el caso de valor medio se debe prefijar adicionalmente el intervalo de tiempo, en el cual se va a realizar el promedio. Para que las promediaciones sean significativas, el intervalo de tiempo de la promediación deberá ser mayor que el intervalo de tiempo de la medición. En el histograma se debe prefijar adicionalmente el ancho del canal. Para la FFT se genera automáticamente el **Espectro de frecuencias** y para el histograma la

Distribución de frecuencias como otra representación a las que se puede tener acceso a través de la página de representación. Para diferenciar con facilidad las magnitudes convertidas respecto a otros canales las agujas indicadoras son de color violeta.

Notas

En una derivación desmejora la resolución si los intervalos de tiempo Δt son pequeños. Si por ejemplo la resolución de una medición de desplazamiento Δs = 1 mm y se mide con un intervalo de tiempo de Δt = 100 ms, entonces la primera derivada v(i) = (s(i+1)-s(i-1))/2Δt tiene una resolución de Δv = 0,005 m/s y la segunda derivada una resolución Δa = 0,025 m/s^2. Para un intervalo de tiempo de Δt = 50 ms aumenta dicho error a Δv = 0,01 m/s y Δa = 0,1 m/s^2. De aquí que Δt deba ser elegido lo más grande posible (por ej. 200 ms para movimientos sobre un carril ó 50 ms para muelles oscilando).

La frecuencia máxima de una FFT es la mitad de la razón de exploración. Si se mide con un intervalo de tiempo Δt = 10 µs (f = 100 kHz), entonces el rango de frecuencia de la FFT alcanza hasta 50 kHz. La resolución en este rango de frecuencia depende por el contrario del número de valores medidos. Cuanto más valores originales se haya registrado, mucho mejor es la resolución de frecuencia en el espectro de frecuencias.

Letras griegas

&a	&b	&c	&d	&e	&f	&g	&h	&i	&j	&k	&l	&m	&n	&o	&p	&q	&r	&s	&t	&u	&v	&w	&x	&y	&z
α	β	χ	δ	ε	ϕ	γ	η	ι	φ	κ	λ	µ	ν	ο	π	θ	ρ	σ	τ	υ	ϖ	ω	ξ	ψ	ζ
&A	&B	&C	&D	&E	&F	&G	&H	&I	&J	&K	&L	&M	&N	&O	&P	&Q	&R	&S	&T	&U	&V	&W	&X	&Y	&Z
Α	Β	Χ	Δ	Ε	Φ	Γ	Η	Ι	ϑ	Κ	Λ	Μ	Ν	Ο	Π	Θ	Ρ	Σ	Τ	Υ	ς	Ω	Ξ	Ψ	Ζ

Ajustes Representación

 **F5**

Una representación está compuesta de una tabla y un diagrama con eje "x" y hasta 8 ejes "y". Cada magnitud puede ser asignada a uno de estos ejes y en caso necesario convertirla a x^2, 1/x, 1/x^2 o log x. Para el eje "x" se ha predefinido otras tres magnitudes: n (líneas de la tabla), t (tiempo), f (frecuencia para FFT).

Si se representa más de un eje "y", entonces para ver en el diagrama la escala del eje "y" elegido se debe pulsar el botón respectivo de la parte izquierda superior de la ventana del diagrama. Esto actúa también sobre la visualización de coordenadas, pero no sobre las otras evaluaciones.

Si no es suficiente una representación, entonces mediante una **nueva representación** se puede generar otra representación, la cual es incluida con su nombre en las páginas de representación bajo la fila de botones rápidos. Desde aquí usted puede conmutar fácilmente entre las diferentes representaciones usando el ratón.

En cada representación uno puede elegir si la representación va a ser un diagrama cartesiano o un diagrama polar. Los diagramas cartesianos ofrecen en cada eje Y la opción de representar los valores como barras (Histograma). En los diagramas polares se debe elegir como eje X un ángulo (rango entre 0° y 360°). Cada eje Y tendrá el significado del valor absoluto r de un número complejo y será representado de acuerdo al ángulo. Aquí el origen no debe encontrarse en r = 0, sino que también puede ser negativo (por ej. para la representación de diagramas direccionales de antenas en dB).

Nota

Alternativamente los canales visualizados pueden ser arrastrados de un lado a otro con la tecla izquierda del ratón entre los botones canal y la tabla y el diagrama (drag & drop).

Al pulsar sobre los ejes con la tecla derecha del ratón se abre un cuadro de diálogo en donde se puede realizar la conversión de ejes (x^2, 1/x, 1/x^2, log x), así como cambiar el mínimo y el máximo de la escala. Con la tecla izquierda del ratón uno puede desplazar las escalas.

Ajustes Generación de modelo

 **F5**

La generación de modelo se utiliza para comparar los valores medidos realmente con un modelo matemático. Aquí se puede seleccionar constantes apropiadas y modificarlas de tal forma que el modelo concuerde lo más cerca posible con la realidad. Contrariamente al ajuste de curvas (por ej. Libre ajuste), en la cual la ecuación de la función ya debe ser conocida, en la generación de un modelo es suficiente el ingreso de una o dos ecuaciones diferenciales de primer orden.

Con la opción **Nuevo modelo** se crea un nuevo registro de datos que empieza con el nombre del modelo. El nuevo modelo queda descrito por una o dos magnitudes del modelo, cada una con su símbolo bajo las cuales van a ser identificadas (vienen preconfiguradas como x e y). El símbolo debe estar compuesto, en lo posible, por pocas letras suficientemente explicatorias y puede contener también un símbolo & seguido de una letra. Esto permite la visualización de la letra griega correspondiente (de otro modo sólo se verá la letra latina). Además, los valores propuestos para los rangos de medición y las escalas de los ejes (importante para la representación analógica y gráfica) y el número de posiciones decimales significantes (importante para la representación digital y tabular) deben ser ajustados a los requerimientos individuales. Para diferenciar con facilidad las magnitudes del modelo respecto a otros canales las agujas indicadoras son de color azul.

La definición matemática del modelo se realiza con el ingreso de los valores iniciales del tiempo t y de las dos magnitudes definidas del modelo, así como con la entrada de las dos ecuaciones diferenciales. En total los cinco valores numéricos o fórmulas deben ser ingresados teniendo en consideración la forma correcta de escribir las fórmulas. Todas las cinco fórmulas deben depender de constantes, cuyos valores pueden ser cambiados posteriormente arrastrando la aguja de sus instrumentos indicadores hacia los valores deseados. Adicionalmente, las dos ecuaciones diferenciales dependen del tiempo de medición t, de las dos magnitudes previamente definidas y de las fórmulas, que a su vez sólo deben depender de las constantes o del tiempo de medición t. Todas las dependencias permitidas de las ecuaciones diferenciales están listadas delante de sus campos de entrada.

Normalmente con la generación de un modelo se define una o dos ecuaciones diferenciales de primer orden. Con **2do. orden** se puede simplificar la entrada de una ecuación diferencial de segundo orden. La primera ecuación diferencial vincula entonces automáticamente las dos magnitudes x e y mediante x'=y y la segunda ecuación diferencial tiene la forma y'=x''=f(t,x',x''). Por ejemplo para la ecuación de movimiento se tiene s=x y v=y=x'. Con ello sólo se debe ingresar la ecuación diferencial s''=v' (=a=F/m).

La opción **Precisión** fija el criterio de interrupción, con el que se debe finalizar la integración numérica de las ecuaciones diferenciales. Una precisión baja reduce el tiempo de cálculo, pero incrementa el error del resultado. La precisión aumenta también cuando el rango de medición indicado de la primera variable modelo es menor.

La opción **Calcular en** (Tiempo de cálculo) fija el tiempo máximo del que se dispone para la integración numérica de las ecuaciones diferenciales. Cuando el tiempo de cálculo ha sido elegido demasiado bajo, considerando una determinada precisión, entonces empieza el cálculo de valores tal como antes con el tiempo inicial seleccionado, pero finaliza prematuramente.

Ejemplos

El ejemplo más conocido de una ecuación diferencial de segundo orden es con seguridad la ecuación de movimiento de Newton F=m·a ó s''=F(s,v,t)/m. En este caso las dos magnitudes del modelo son el recorrido s y la velocidad v y la primera ecuación diferencial es s'=v. La fuerza de aceleración F de la segunda ecuación diferencial s''=v'=(F_1+F_2+F_3)/m depende del experimento en si y es por ej.:

F_1 = –m·g para el caso de caída libre
F_1 = –D·s para oscilaciones de un muelle

Además pueden presentarse diversos tipos de fricción como fuerzas adicionales:

F_2 = –c·sgn(v) para el caso de la fricción de Coulomb (por ej. Fricción de un sólido)
F_2 = –c·sgn(v)·|v| para la fricción de Stokes (por ej. Fricción laminar de fluidos)
F_2 = –c·sgn(v)·$|v|^2$ para la fricción de Newton (por ej. Resistencia del aire, fricción de turbulencia de un fluido)

En el caso de oscilaciones forzadas (Resonancia) se presetan todavía la fuerza excitadora, por ej.:

F_3 = A·sin(360·f·t), sin calcula el seno en grados
F_3 = A·rsin(ω·t), rsin calcula el seno en radianes

Si uno combina las diferentes fuerzas se obtiene rápidamente una impresionante cantidad de experimentos que pueden ser estudiados en el marco de un modelo generado.

Como ejemplos adicionales se puede agregar la carga y descarga de un condensador, filtros pasa baja y pasa alta, los que pueden ser descritos con una ecuación diferencial del primer orden $Q'=(U_0-Q/C)/R$ para la carga Q del condensador.

Los siguientes ejemplos de ensayos vienen con algunos modelos generados:

- Caída libre con la escalera g (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de un sólido (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de lubricante (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción laminar de líquido (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción turbulenta de líquido / aire (con generación de modelo)
- Carga y descarga de un condensador (con generación de modelo)
- Circuito oscilador amortiguado (con generación de modelo)
- Oscilaciones forzadas (con generación de modelo)
- Filtro paso bajo (con generación de modelo)
- Filtro paso alto (con generación de modelo)

Ajustes Comentario

 **F5**

Aquí se tiene la posibilidad de introducir un texto para una mejor documentación de archivos de los propios ensayos, almacenarlo junto los archivos de ensayos y cargar todo el conjunto en sesiones posteriores. El texto también puede ser introducido en el cuadro de entrada mediante el portapapeles con Ctrl+V.

Ajustes generales

 **F5**

Aquí se puede cambiar el puerto serie, al cual CASSY y/o los otros dispositivos seriales se encuentran conectados al ordenador. Para CASSYs en el puerto USB no se debe especificar ningún puerto serie. Estos son ubicados automáticamente. Aquí también se puede cambiar el idioma del programa.

Si estos cambios tienen que ser válidos para el próximo arranque del software, entonces deberá pulsar el botón **Guardar nuevos predeterminados**. Al mismo tiempo se guarda los ajustes actuales de:

- Elegir tamaño de letra
- Visualizar coordenadas
- Selección del ancho de línea
- Seleccionar representación de valores
- Seleccionar reglas
- Insertar cuadrícula

Los módulos CASSY indicados vienen a ser los dispositivos reconocidos acompañados de la información de la versión de los módulos CASSY. Se visualizará un mensaje si las versiones del software implementado en los módulos CASSY es más reciente o más antigua que el software presente. Mediante **Actualizar módulos CASSY** se sobrescribirá el software actual implementado en los módulos CASSY (igual si es más reciente o más antiguo).

Recomendación

Si el software actual es más antiguo que los módulos CASSY o si el software debe ser actualizado, la versión actual puede ser cargada de nuestro servidor bajo la dirección http://www.ld-didactic.com.

- Cargar actualización desde Internet.

Escritura de fórmulas

Variable de una fórmula f(time,date,n,t,...,old)

La fórmula f(...) puede depender de los canales abajo listados. Para ello se debe emplear el símbolo del canal como nombre de la variable. Así por ejemplo el resultado de la fórmula **UA1 > 5** es igual a 1 si la tensión es mayor que 5 V, de otro modo la fórmula es igual a 0.

Fórmula para	**puede depender de**
Condición de medición	todos los canales
Fórmula	entradas, constantes, dispositivos seriales y fórmulas definidas anteriormente
Relé/Fuente de tensión	entradas, constantes, dispositivos seriales, fórmulas
Salida analógica	entradas, constantes, dispositivos seriales, fórmulas
Salida digital	entradas, constantes, dispositivos seriales, fórmulas
Modelo	magnitudes del modelo, constantes y fórmulas, que sólo dependen del tiempo t

Además, una fórmula también puede depender de la hora **time** en segundos, de la fecha **date**, del tiempo de medición **t** en segundos, del número **n** de los valores de medición registrados y del último valor de la fórmula **old**. Al final de una fórmula usted puede colocar un comentario siempre y cuando éste esté separado de la fórmula mediante un punto y coma.

De vez en cuando subsisten los símbolos de un carácter & seguido de una letra griega. En este caso se visualiza la letra griega respectiva (de otro modo la letra latina). Cuando uno escribe la fórmula no hay que olvidarse de introducir el carácter &.

Funciones en una fórmula

Dentro de una fórmula está permitido la presencia de las siguientes funciones. Si los argumentos están compuestos por funciones, entonces éstos deberán estar dentro de paréntesis, como por ej. en el caso de **square(t/10)**.

ramp	Rampa (diente de sierra entre 0 y 1, ramp(x) = frac(x))
square	Rectangular (entre 0 y 1, square(x) = ramp(x) < 0.5)
saw	Triangular (entre 0 y 1)
shift	Rampa única (es 0 si el argumento < 0, 1 si el argumento > 1, sino es igual al argumento)
sin	Seno en grados (periodo de 360°)
cos	Coseno en grados (periodo de 360°)
tan	Tangente en grados (periodo de 360°)
arcsin	Arco-seno en grados
arccos	Arco-coseno en grados
arctan	Arco-tangente en grados
rsin	Seno en radianes (periodo 2π)
rcos	Coseno en radianes (periodo 2π)
rtan	Tangente en radianes (periodo 2π)
rarcsin	Arco-seno en radianes
rarccos	Arco-coseno en radianes
rarctan	Arco-tangente en radianes
last	Argumento en el momento del último registro de datos (última línea de la tabla)
delta	Cambio respecto al último registro de datos (delta(x) = x-last(x))
next	Argumento en el momento del próximo registro de datos (próxima línea de la tabla)
new	es 1, si el argumento ha cambiado, es 0 de otro modo
random	Número aleatorio (0 <= random(x) < x)
sqr	Raíz cuadrada
exp	Función exponencial
ln	Logaritmo natural
log	Logaritmo decimal
int	Función entero (el número entero más próximo)
frac	Función fracción (distancia al número entero más próximo)
abs	Valor absoluto
sgn	Signo (es 1 si el argumento > 0, es -1 si el argumento < 0, es 0 si el argumento = 0)
odd	es 1 si el argumento es impar, 0 si el argumento es par
even	es 1 si el argumento es par, 0 si el argumento es impar

not	Inversión lógica (es 1 si el argumento es igual a 0, de otro modo es 0)
defined	es 1 si el argumento está definido, 0 si el argumento no está definido
sec	redondea el tiempo a segundos enteros (sec(x) = int(x))
min	redondea el tiempo a minutos enteros (min(x) = 60*int(x/60))
day	retorna el día de semana (1 = Lunes, ...)

Vinculación entre variables y funciones

Todas las variables (o también valores numéricos introducidos) pueden ser vinculados mediante operadores matemáticos usuales.

Los operadores tienen diferentes prioridades. Cuanto más alta sea la posición del operador en la lista siguiente, mayor es su prioridad en la evaluación de la fórmula ("Cálculo puntual antes que el cálculo lineal"). Si se requiere otra sucesión de evaluación, entonces se tiene que poner los paréntesis respectivos.

1)	**^**	Potenciación
2)	*****	Multiplicación
	/	División
3)	**+**	Adición
	-	Substracción
4)	**=**	Prueba de igualdad
	<>	Prueba de desigualdad
	>	Prueba de mayor que
	>=	Prueba de mayor que o igual
	<	Prueba de menor que
	<=	Prueba de menor que o igual
5)	**and**	Vinculación lógica AND
6)	**or**	Vinculación lógica OR

Ejemplos para el uso de las variables time, date, n, t y old

t <= 100

tiene el valor 1 durante los primeros 100 s de la medición 1 y luego el valor. Esta fórmula puede ser utilizada por ej. para una ventana de tiempo con la finalidad de detener la medición después de 100 s.

time >= 12:30:35

a partir de las 12:30:35 tiene el valor 1, antes de esa hora tiene el valor 0. Se debe utilizar el operador >=, ya que la igualdad exacta sólo es válida para 1/100 s y con ello no se consigue prácticamente nada.

min(time) = 11:45 and date = 18.3.1997

es verdadera sólo durante un minuto el 18.3.1997 a las 11:45 (valor 1) y sino es falsa (valor 0).

(T < 25) or (T < 27 and old)

hace las veces de un controlador de dos estados. Si la temperatura T es menor que 25 °C, entonces el resultado de la función es 1 (por ej. la calefacción se enciende). Si la temperatura T es menor que 27 °C **y** si la calefacción estuvo encendida anteriormente, entonces esta permanece encendida. Sólo después que la temperatura pasa los 27 °C, la calefacción se apaga y permanece así hasta que la temperatura nuevamente esté por debajo de los 25 °C.

0,5 * (n – 1)

calcula por ej. un volumen a partir del número de mediciones en curso. En este caso se registra un valor cada 0,5 ml y de aquí calcula el volumen del valor n. Para la primera línea de la tabla n tiene el valor 1.

Ejemplos para la generación de frecuencias

ramp(t/10)

genera una rampa con un periodo de 10 segundos (t es el tiempo de medición en segundos y arranca con el inicio de la medición en 0). La rampa se inicia con 0 y termina con 1. Si se requiere otras amplitudes, entonces esta debe ser multiplicada con la amplitud deseada.

saw(t/5)

genera un triángulo con periodo de 5 segundos.

square(t/5)

de manera análoga al ejemplo anterior genera un rectángulo con un periodo de 5 segundos. Después de cada 2.5 segundos cambia entre 0 y 1 y viceversa.

10*(ramp(t/10) < 0.4)

genera nuevamente un rectángulo. Sin embargo, esta vez con la amplitud 10 y un ciclo de trabajo de 40%. 40% del tiempo la expresión del paréntesis es 1 (verdadero) y el 60% del tiempo restante es 0 (falso).

shift((time-12:30)/100)

genera una rampa única a partir de las 12:30 con una duración de 100 segundos. En este tiempo crece el valor de la fórmula continuamente desde 0 a 1.

sin(360*t/7)

genera una oscilación sinusoidal con el periodo de 7 segundos y la amplitud 1.

Ejemplos de prioridad de evaluación de expresiones aritméticas

x+y^z*2

posee el orden de operadores ^,* y +. En consecuencia se evalúa en primer lugar y^z, el resultado es multiplicado por 2 y al final se añade x. Si el orden de operadores debe suprimirse, entonces las expresiones respectivas deberán ser puestas entre paréntesis.

(x+y)^(z*2)

contrario al ejemplo anterior aquí se ejecuta primero la adición x+y y la multiplicación z*2. Después de ello se ejecuta la potencia con ambos resultados parciales.

Ejemplos de evaluación con expresiones booleanas

x < 5

tiene el valor 0 (falso, para x >= 5) o el valor 1 (verdadero, para x < 5).

x1 < 5 and x2 > 0

tiene el valor 1 (verdadero, si simultáneamente x1 < 5 y x2 > 0) y sino el valor 0. No es necesario poner paréntesis, ya que el operador "and" tiene una prioridad menor que < y >.

5*(T < 20)

En el paréntesis sólo tiene el valor 0 (falso) y 1 (verdadero). Sin embargo, estos valores son multiplicados por 5. Tales fórmulas son utilizadas preferentemente en salidas analógicas. En este caso en la salida analógica se entrega una tensión de 5 V, cuando T sea menor 20 (por ej. una temperatura).

time >= 12:30

tiene el valor 1 a partir de las 12:30, antes de ello tiene el valor 0. Se debe utilizar el operador >=, ya que sólo la exacta igualdad sólo es válida para 1/100 s y con ello no se consigue prácticamente nada.

sec(time) = 11:45:07 and date = 18.3.1997

sólo durante un segundo el 18.3.1997 a las 11:45:07 es verdadero (valor 1) y sino es falso (valor 0).

day(date) = 1

es verdadera cada lunes (valor 1) y sino es falsa (valor 0).

Ejemplos de fórmula

Controlador simple: ϑA11<25

(ϑ ha sido introducido como &J) es 1, si la temperatura es menor que 25 °C y sino es 0 (por ej. para el control de una calefacción).

Controlador de dos estados: ϑA11<25 or (ϑA11<27 and old)

(ϑ ha sido introducido como &J) es 1, si la temperatura es menor que 25 °C o – en el caso que el valor haya tenido anteriormente el valor 1 – incluso hasta 27 °C y sino es 0 (por ej. para el mando de dos estados de una calefacción). El controlador conecta por debajo de los 25 °C y desconecta por sobre los 27 °C.

Rampa: 8*ramp(t/10)

genera una rampa de 0 hasta 8 con el periodo de 10 s (0,1 Hz).

Rectángulo con ciclo de trabajo libre: ramp(t/10) < 0.8

genera un rectángulo con el periodo de 10 s (0,1 Hz). 80% del periodo el rectángulo 1 y sino es 0.

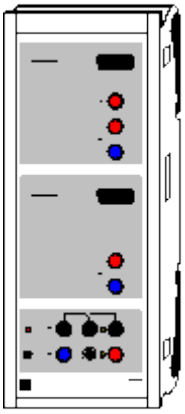
Compensación de temperatura en medición de pH: 7+(pHA1-7)*(25+273)/(ϑB1+273)

(ϑ ha sido introducido como &J) corrige el valor de pH pH_{A1}, calibrado a 25 °C, para la nueva temperatura ϑ_{B1}.

Compensación de temperatura en medición de conductividad: CA1/(1+(ϑB1-25)/45)

(ϑ ha sido introducido como &J) corrige la conductividad C_{A1}, calibrada a 25 °C, para la nueva temperatura ϑ_{B1}.

Sensor-CASSY



Introducción

El Sensor-CASSY (USB o serie) es una interface para el registro de datos, conectable en cascada

- para conectar al puerto USB o al puerto serie RS232 de un ordenador, a otro módulo CASSY o al CASSY-Display,
- con separación galvánica cuádruple (entradas A y B, relé R, fuente de tensión S),
- conectable en cascada hasta 8 módulos CASSY (de esta manera se multiplican las entradas y las salidas),
- equipable hasta 8 entradas analógicas por Sensor-CASSY mediante unidades sensoras,
- reconocimiento automático de unidades sensoras mediante CASSY Lab (plug and play),
- equipado con microcontrolador para control con el sistema operativo CASSY (fácilmente actualizable en cualquier momento mediante software para ampliar su potencia),
- de implementación variable como instrumento de sobremesa, pupitre o de demostración (también para bastidores de experimentación en los sistemas CPS/TPS),
- alimentación de 12 V CA/CC mediante conector cóncavo o de un módulo CASSY vecino,

Información para desarrollar un software propio disponible en Internet.

Instrucciones de seguridad

- Por su propia seguridad no conecte el Sensor-CASSY con tensiones mayores de 100 V.
- Transporte varios módulos CASSY conectados en cascada sólo en un bastidor de experimentación o individualmente (la estabilidad mecánica del acoplamiento sin bastidor de experimentación es suficiente para los experimentos pero no para el transporte).
- Para la alimentar con tensión a los módulos CASSY utilice sólo el adaptador de alimentación suministrado (12 V / 1,6 A).
- Un Sensor-CASSY puede alimentar con tensión a un módulo vecino siempre que el consumo de corriente sea siempre menor que 1,6 A (suficiente para un máximo de 2 módulos, en caso de sobrecarga se desconecta). Si dispone de otros Sensor-CASSY entonces aliméntelos con tensión por separado.

Datos técnicos

5 entradas analógicas (para utilizar cada 2 entradas cualquiera A y B simultáneamente).
- 2 entradas analógicas de tensión A y B en hembrillas de seguridad de 4 mm.
 - Resolución: 12 bit
 - Rangos de medición: ±0,3/1/3/10/30/100 V
 - Error de medida: ±1 % más 0,5 % del valor final del rango
 - Resistencia de entrada: 1 MΩ
 - Razón de exploración: máx. 200.000 valores/s (= 100.000 valores/s por entrada)
 - Número de datos: prácticamente sin límite (depende del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición mayores máx. 32.000 valores (= 16.000 valores por entrada)
- 1 entrada analógica de corriente A en hembrillas de seguridad de 4 mm.
 - Rangos de medición: ±0,1/0,3/1/3 A
 - Error de medida: Error de medición de tensión más 1 %
 - Resistencia de entrada: < 0,5 Ω (excepto cuando hay sobrecarga)

 Véase las entradas de tensión para otros datos.
- 2 entradas analógicas en terminales de conexión A y B para unidades sensoras (es posible conectar todas las unidades sensoras CASSY y sensores).
 - Rangos de medición: ±0,003/0,01/0,03/0,1/0,3/1 V
 - Resistencia de entrada: 10 kΩ

 Véase las entradas de tensión para otros datos.

 Los datos cambian de acuerdo a la unidad sensora conectada. Reconocimiento automático de las magnitudes de medición y rangos posibles mediante CASSY Lab después de conectar una unidad sensora.

4 entradas de timer con contadores de 32 bit en terminales de conexión A y B de unidades sensoras (por ej. para la Unidad BMW, Unidad GM o Unidad Timer).
- Frecuencia de conteo: máx. 100 kHz
- Resolución de tiempo: 0,25 µs

Tiempo de medición entre dos eventos en la misma entrada: mín. 100 µs
Tiempo de medición entre dos eventos en diferentes entradas: mín. 0,25 µs
- Memoria: máx. 10.000 puntos de tiempo (= 2.500 por entrada)

1 relé de conmutación (indicación de conmutación con LED)
- Rango: máx. 100 V / 2 A

1 salida analógica (salida PWM) (modulada en ancho de pulso, fuente de tensión conmutable, indicación de la conmutación con LED, por ej. para el imán de retención o para la alimentación de experimentos)
- Tensión variable: máx. 16 V / 200 mA (carga ≥ 80 Ω)
- Rango PWM: 0 % (off), 5-95 % (1 % resolución), 100 % (on)
- Frecuencia PWM: 100 Hz

12 entradas digitales (TTL) en terminales de conexión A y B para unidades sensoras (por el momento sólo utilizadas para el reconocimiento automático de unidades sensoras).

6 salidas digitales (TTL) en terminales de conexión A y B para unidades sensoras (por el momento sólo utilizadas para la conmutación automática del rango de medición de unidades sensoras).

1 puerto USB (versión USB) o puerto serie RS232 (SubD-9) para la conexión de un ordenador.

1 CASSY-Bus para la conexión de otros módulos CASSY o del CASSY-Display.

Dimensiones (AxHxP): 115 mm x 295 mm x 45 mm

Peso: 1 kg

Volumen de suministro

1 Sensor-CASSY
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (20 usos libres, luego se puede usar como versión de demostración).
1 Manual de instalación
1 Cable USB o cable serie (SubD-9)
1 Adaptador de alimentación de 12 V / 1,6 A

Ajustes Entrada del sensor

Sensor-CASSY ofrece dos entradas de sensor A y B separadas galvánicamente, que pueden registrar tanto tensión (o entrada A como intensidad de corriente) como también otras magnitudes de medición – determinadas por la unidad sensora conectada. El reconocimiento de la unidad sensora y con ello las posibilidades de medición sucede **automáticamente**, es decir, en la representación de la disposición de CASSY las entradas son mostradas con las eventuales unidades sensoras conectadas. Para la preparación de una medición se debe activarlas haciendo un clic con el ratón.

La elección visualizada de las magnitudes de medición y los rangos de medición dependen del tipo de unidad sensora y si está conectada. Otras magnitudes requieren otras unidades sensoras (véase el catálogo de productos).

La magnitud seleccionada puede ser medida como valor instantáneo, o como promedio de muchos valores medidos o determinado a partir de su valor efectivo. Normalmente es suficiente el **valor instantáneo**, sin promediar. Pero si la señal de entrada viene acompañada de ruido o se le sobrepone un "zumbido", entonces se requerirán **valores promedios**. En el caso de tensiones alternas en general se miden **valores efectivos** (una medición del valor efectivo de dos canales genera automáticamente el canal cos φ apropiado). Si el intervalo de tiempo es menor que 10 ms, el registro de datos en los últimos casos es diferente en la tabla y en el diagrama de lo que indican los instrumentos de medición. Esto hace posible la representación simultánea de la forma de las curvas y los valores efectivos.

De manera estándar se calculan los valores promedios y los valores efectivos durante un intervalo de tiempo de 100 ms. Este tiempo puede ser modificado globalmente para todas las entradas. Si se emplea al Power-CASSY o el Profi-CASSY este tiempo se modifica para cada variación de frecuencia de la señal de salida de tal forma que siempre sea evalua un número entero de periodos.

Si la precisión de los valores medidos no es suficiente, ésta puede ser mejorada mediante una corrección. Este es el caso por ejemplo cuando se tiene que adaptar al programa un electrodo pH especial.

Teclas especiales (no son visibles con frecuencia)

LED on/off Diodo luminoso en la unidad sensora on/off, por ej. SMOOTH (Unidad Puente) o COMPENSATION (condición para la compensación de tara en la Unidad B).

—> 0 <— Ájuste del cero (hace del valor actual un punto cero), por ej. para desplazamiento, fuerza, presión, evento, choque.

s <—> –s Cambio de signo en el desplazamiento (Transductor de movimiento con la Unidad BMW).

Además existen campos especiales que facilitan el uso de la Unidad BMW, la Unidad GM y la Unidad Timer (por ej. tiempo de puerta, ancho de la bandera de interrupción) y sólo son visualizados cuando la unidad apropiada se encuentra conectada.

En la Unidad Prueba de la reacción la señal de reacción es solicitada luego de presionar un pulsador (uno de mano o un pedal). La reacción misma se realiza después de aparecer el indicador en el instrumento de indicación de acuerdo al color del indicador (rojo, verde o amarillo).

Magnitudes de medición de la entrada de sensor

Las magnitudes de medición registradas de una entrada de sensor depende definitivamente de la unidad sensora conectada a la entrada de sensor. La siguiente tabla define la correspondencia entre unidad sensora, magnitud de medición y sensor:

Unidad sensora	Magnitud de medición	Sensor	Comentario
sin	Tensión		
	Corriente		Sólo la entrada A y sólo para corrientes menores que 3 A.
Unidad Fuente de corriente (524 031)	Resistencia		
	Desplazamiento	Transductor de desplazamiento (529 031)	Potenciómetro para la medición de desplazamientos.
Unidad BMW (524 032)	Desplazamiento (Δs=±1 mm)	Transductor de movimiento (337 631*)	Hembrilla superior en la unidad BMW con dirección de movimiento.
	Angulo (Δs=±1 mm)	idem	idem Indicar el radio adicionalmente.
	Desplazamiento (Δs=+1 cm)	Par de poleas de desvío y registro (337 16*)	Hembrilla inferior en unidad BMW. Sólo utilizar la primera rueda.
	Angulo (Δs=+1 cm)	idem	idem Indicar el radio adicionalmente.
Unidad GM (524 033)	Eventos	Tubo contador (por ej. 559 01)	Indicar el tiempo de puerta.
	Tasa	idem	Con distribución de frecuencias como representación alternativa.
Contador GM S (524 0331)	Eventos	Integrado	Indicar el tiempo de puerta.
	Tasa	Integrado	Con distribución de frecuencias como representación alternativa.
Unidad Timer (524 034)	Nivel		
	Eventos		
	Frecuencia		Indicar el tiempo de puerta.
	Tasa		Idem con distribución de frecuencias como representación alternativa.
	Periodo		
	Duración del recorrido		Desde el evento en E hacia F.
	Oscurecimientos	Barrera luminosa (337 46*)	Número de oscurecimientos.
	Tiempo de oscurecimiento	idem	Duración del oscurecimiento.
	Recorrido (Δs=1 cm)	Rueda de radios (por ej. 337 461) o escalera g (529 034) cada uno con barrera luminosa (337 46*)	
	Angulo (Δs=1 cm)	idem	Indicar radio.
	Choque lineal (v)	2 barreras luminosas (337 46*)	Indicar ancho de bandera.
	Choque giratorio (ω)	idem	Indicar ancho de bandera y radio.
Unidad pH (524 035)	Valor de pH	Electrodo pH (por ej. 667 424)	Corregir con dos soluciones tampón. Posible compensación de temperatura mediante Fórmula. Evaluación especial para el punto de equivalencia.
	Tensión	idem	
Unidad KTY (524 036)	Temperatura	Sensor KTY (529 036)	
	Resistencia	idem	

Unidad Conductividad (524 037)	Conductividad	Celda de medición de conductividad (667 426)	Corregir con factor k impreso en la celda de medición. Posible compensación de temperatura mediante Fórmula.
Unidad B (524 038)	Densidad de flujo magnético	Sonda tangencial B (516 60*) o Sonda axial B (516 61*)	Para la compensación del offset con **—> 0 <—** el LED del botón con **LED on/off** debe estar encendido.
	Presión relativa(2000 hPa)	Sensor de presión (529 038*)	idem
	Presión relativa(70 hPa)	Sensor de pr. 70 hPa (529 040*)	idem
	Presión absoluta	Sensor de pr. absoluta (529 042*)	idem
Sonda B multipropósito S (524 0381)	Densidad de flujo magnético (tangencial o axial)	Integrado	Compensación del offset con **—> 0 <—**
Sonda B axial S (524 0382)	Densidad de flujo magnético (axial)	Integrado	Compensación del offset con **—> 0 <—**
Unidad dU (524 039)	Tensión		A causa de la separación galvánica ya no se requiere.
Unidad µV (524 040)	Tensión		Entrada altamente sensible (resolución hasta 0,5 µV).
Unidad Puente (524 041)	Fuerza	Sensor de fuerza (314 261*)	**LED on/off** conmuta entre alisado (SMOOTH) y no-alisado; ha sido reemplazada por el sensor de fuerza S, ±1 N.
Sensor de fuerza S, ±50 N (524 042)	Fuerza	Integrado	Para fuerzas grandes hasta 50 N
	Aceleración	Integrado	
Unidad 30 A (524 043)	Corriente		Utilizar sólo corrientes mayores a 3 A (sin unidad conectar a A)
Sensor de temperatura S (NTC) (524 044)	Temperatura	Integrado	
Unidad Temperatura (524 045)	Temperatura	Sonda de temperatura NTC (666 212) o NiCr-Ni (666 193)	
	Temperatura diferencial	2 NiCr-Ni (666 193)	
Unidad Prueba de la reacción (524 046)	Tiempo de reacción	Pulsador de mano (662 148) o pedal (662 149)	Para iniciar primero presionar el pulsador – para la reacción nuevamente de acuerdo al color del indicador.
Adaptador Prueba de la reacción S (524 0461)	Tiempo de reacción	Pulsador de mano (662 148) o pedal (662 149)	Para iniciar primero presionar el pulsador – para la reacción nuevamente de acuerdo al color del indicador.
Unidad Pulso (524 047)	Pulso	Integrado	Para el ajuste de nivel de la unidad esperar por lo menos 10 s
	Tensión	Integrado	Curva de riego sanguíneo.
Sensor Pulso S (524 0471)	Pulso	Integrado	Para el ajuste de nivel de la unidad esperar por lo menos 10 s
	Tensión	Integrado	Curva de riego sanguíneo.
Unidad Resistencia de la piel (524 048)	Resistencia de la piel	Integrado	Adaptar el rango de medición individualmente (desplace los ejes con el ratón o hacer un clic con la tecla derecha del ratón).

Sensor Resistencia de la piel S (524 0481)	Resistencia de la piel	Integrado	Adaptar el rango de medición individualmente (desplace los ejes con el ratón o hacer un clic con la tecla derecha del ratón).
Unidad ECG/EMG (524 049)	3 derivaciones ECG	Integrado	
	EMG	Integrado	
Unidad Presión sanguínea (524 050)	Presión sanguínea	Integrado	Evaluación especial para sístole y diástole
	Pulso	Integrado	Solo fluctuaciones de presión sanguínea
Sensor Presión sanguínea S (524 0501)	Presión sanguínea	Integrado	Evaluación especial para sístole y diástole
	Pulso	Integrado	Solo fluctuaciones de presión sanguínea
Unidad Lux (524 051)	Intensidad luminosa	Sensor Lux (666 243) Sensor IR (666 247) Sensor UV A (666 244) Sensor UV B (666 245) Sensor UV C (666 246)	Realizar la corrección utilizando el factor F impreso del sensor
Adaptador Lux S (524 0511)	Intensidad luminosa	Sensor Lux (666 243) Sensor IR (666 247) Sensor UV A (666 244) Sensor UV B (666 245) Sensor UV C (666 246)	Realizar la corrección utilizando el factor F impreso del sensor
Unidad Oxígeno (524 052)	Saturación de O_2	Electrodo Oxígeno (667 458)	Corregir el gas O_2 al 100%
	Concentración de O_2	idem	Corregir con el mismo factor de la saturación.
	Temperatura	idem	
Adaptador Oxígeno S (524 0521)	Saturación de O_2	Electrodo Oxígeno (667 458)	Corregir el gas O_2 al 100%
	Concentración de O_2	idem	Corregir con el mismo factor de la saturación.
	Temperatura	idem	
Unidad Electrómetro (524 054)	Tensión		Entrada de muy alto ohmiaje, por ej. para electrostática.
Unidad Amplificador (524 055)	Tensión		Ha sido reemplazada por la Unidad µV.
Unidad Espirómetro (524 056)	Flujo volumétrico	Integrado	
Unidad Clima (524 057)	Humedad rel. del aire	Sensor de humedad (529 057)	Calibrar con valores impresos C1 hasta C4.
	Temperatura	Sensor de humedad (529 057)	Calibrar con valores impresos C1 hasta C4.
	Temperatura	Sonda de temperatura NTC (666 212)	
	Presión de aire	Integrado	
	Intensidad luminosa	Sensor Lux (666 243)	Corregir con factor impreso F del sensor
Sensor de humedad S (524 0572)	Humedad rel. del aire	Integrado	
	Temperatura	Integrado	

Unidad MCA (524 058)	Distribución de alturas de pulsos	Contador de centelleo (559 901) con Etapa de salida para detector (559 912) o Detector de semiconductor (559 92) con Preamplificador discriminador (559 93*)	Medición de espectros de material radioactivo
Micrófono S (524 059)	Tensión	Integrado	Micrófono conectable externamente
	Frecuencia	Integrado	Micrófono conectable externamente
	Duración del recorrido	Integrado	Micrófono conectable externamente
	Nivel de ruido	Integrado	
Sensor de fuerza S, ±1 N (524 060)	Fuerza	Integrado	Para fuerzas hasta 1 N
Sensor UI S (524 062)	Tensión	Integrado	Para Pocket-CASSY y Mobile-CASSY
	Corriente	Resistencia shunt de 1 Ω	Para Pocket-CASSY y Mobile-CASSY
Sensor UIP S (524 0621)	Tensión	Integrado	Para Pocket-CASSY y Mobile-CASSY
	Corriente	Integrado	Para Pocket-CASSY y Mobile-CASSY
Sensor de presión S, 2000 hPa (524 064)	Presión relativa	Integrado	
Sensor de presión absoluta S (524 065)	Presión absoluta	Integrado	
Sensor de presión S, 70 hPa (524 066)	Presión relativa	Integrado	
Unidad Química (524 067)	Valor de pH	Sensor pH (667 4172)	
	Conductividad	Sensor de conductividad (529 670)	
	Temperatura	Sensor de conductividad (529 670)	
	Temperatura	Sensor de temperatura (529 676)	
	Temperatura diferencial	2 sensores de temperatura (529 676)	
	Potencial		
Adaptador Conductividad S (524 0671)	Conductividad	Sensor de conductividad (529 670)	
	Temperatura	Sensor de conductividad (529 670)	
Adaptador pH S (524 0672)	Valor de pH	Sensor pH (667 4172)	
	Potencial		
Adaptador NiCr-Ni S (524 0673)	Temperatura	Sensor de temperatura (529 676)	
	Temperatura diferencial	2 sensores de temperatura (529 676)	
Aparato para fuerza centrífuga S (524 068)	Fuerza centrífuga	Integrado	

Fotómetro de inmersión S (524 069)	Transmisión	Integrado	
	Extinción	Integrado	
	Concentración	Integrado	
Sensor de movimiento con ultrasonido S (524 070)	Desplazamiento	Integrado	
	Temperatura	Integrado	
Sensor de movimiento con láser S (524 073)	Recorrido	Integrado	
	Duración del recorrido	Integrado	
Timer S (524 074)	Nivel		
	Eventos		
	Frecuencia		Indicar el tiempo de puerta.
	Tasa		Idem con distribución de frecuencias como representación alternativa.
	Periodo		
	Duración del recorrido		Desde el evento en E hacia F.
	Oscurecimientos	Barrera luminosa (337 46*)	Número de oscurecimientos.
	Tiempo de oscurecimiento	idem	Duración del oscurecimiento.
	Recorrido (Δs=1 cm)	Rueda de radios (por ej. 337 461) o escalera g (529 034) cada uno con barrera luminosa (337 46*)	
	Angulo (Δs=1 cm)	idem	Indicar radio.
	Choque lineal (v)	2 barreras luminosas (337 46*)	Indicar ancho de bandera.
	Choque giratorio (ω)	idem	Indicar ancho de bandera y radio.
	Desplazamiento (Δs=±1 mm)	Barrera luminosa multiuso (337 462*) con rueda de radios multiuso (337 464)	Conectar en la hembrilla izquierda.
	Angulo (Δs=±1 mm)	idem	Indicar el radio adicionalmente.
Unidad Auto i (524 076)	Velocidad de rotación	Sensor del punto muerto superior (738 989)	
	Ángulo de encendido	Generador de impulsos de inducción (738 986)	
	Nivel		
	Frecuencia		
	Ciclo de trabajo		
	Tiempo de desconexión		
	Tiempo de conexión		
	Tiempo de inyección		
Unidad Auto Z (524 077)	Tensión primaria	Generador de impulsos capacitivo (738 987)	
	Tensión secundaria		
	Ángulo de cierre		
	Velocidad de rotación		
Unidad Bus CAN (524 078)	Mensaje del bus CAN	Integrado	
	Datos del bus CAN	Integrado	
Unidad Bus LIN (524 081)	Tensión del bus LIN	Integrado	
	Mensaje del bus LIN	Integrado	
	Datos del bus LIN	Integrado	

Sensor de giro S (524 082)	Ángulo	Integrado
	Recorrido	Integrado
	Amplitud	Integrado
	Periodo	Integrado
	Frecuencia	Integrado

Los sensores marcados con * necesitan un cable de conexión de 6 polos (501 16) para su conexión a la unidad sensora.

Corregir Entrada de sensor

Para corregir valores medidos existen diferentes posibilidades, todas ellas se dan a partir del cuadro de diálogo.

A la izquierda del signo de igualdad se puede introducir un offset (desplazamiento) y/o un factor, con los que el software calcula los valores indicados, a la derecha del signo de igualdad (valor teórico), a partir de los valores indicados a la izquierda (valor real). Para el cálculo de la corrección se debe accionar en cada caso **Corregir offset** o **Corregir factor**.

De otro modo también se puede prefijar ambos valores teóricos o cada vez un valor teórico y un valor calculado. **Borrar corrección** deshace la corrección.

Guardar

Una corrección es almacenada junto con los otros ajustes del programa. Para que la corrección corresponda a la realidad después de un nuevo cargado, se tiene que tener en cuenta que los mismos electrodos y unidades sensoras sean utilizados nuevamente en el mismo Sensor-CASSY (marcar eventualmente los electrodos, unidades sensoras y CASSYs).

Ejemplos

Para la corrección se deben utilizar dos soluciones tampones con pH 3 y pH 9. Los valores teóricos son entonces 3 y 9 (introducirlos a la derecha). Si se sumerge el electrodo pH en la solución con pH 3, entonces se debe accionar el botón al lado del valor teórico 3 (por ej. **Corregir offset**) y para la solución con pH 9 el otro botón (por ej. **Corregir factor**).

Un electrodo de conductividad con el factor K = 1,07 debe ser adaptado al software. Para ello el factor 1,07 deberá ser introducido en la segunda línea como factor y luego seleccionar **Corregir factor**.

Particularidad de la unidad Clima (524 057)

En la unidad Clima se debe calibrar el sensor de humedad antes de la primera medición con el mismo (529 057). Con tal propósito se ha impreso sobre el sensor de humedad cuatro valores: C1 hasta C4. Una vez que estos hayan sido introducidos quedarán almacenados en el Sensor-CASSY. No es necesario que los vuelva a introducir estando a disposición incluso en mediciones posteriores con el CASSY-Display.

Ajustes Relé/Fuente de tensión

El Sensor-CASSY dispone de un relé R y de una fuente de tensión S variable mediante un botón giratorio. Ambos pueden ser conectados por software. Para ello basta activarlos en la disposición CASSY pulsando la tecla izquierda del ratón.

El caso más simple es la sincronización con el inicio de una medición (por ej. para un imán de retención conectado a la fuente de tensión S). Con tal propósito se debe activar **Conmutar durante registro automático**.

También es posible definir el estado de conmutación del relé o de la fuente de tensión explícitamente por medio de una fórmula. Una fórmula puede depender de todas las magnitudes mostradas en la lista. Las fórmulas deben ser introducidas observando estrictamente el modo correcto de escritura de fórmulas (véase también Ejemplos). Un resultado de una fórmula diferente de 0 significa ACTIVO="encendido", un resultado igual a 0 significa INACTIVO="apagado". Las fórmulas no son evaluadas durante la medición, si activa la opción **Conmutar durante registro automático**.

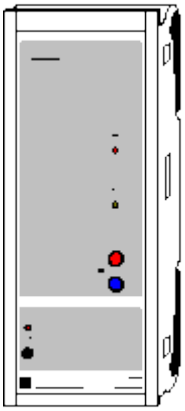
Salida analógica PWM

La fuente de tensión S es propiamente una salida analógica modulada en ancho de pulso. La tensión máxima se ajusta en el botón giratorio. La fórmula controla no sólo el estado INACTIVO (=0) o el ACTIVO (=1), sino permite también valores intermedios (por ej. 0,41 = alternado 41 % del tiempo en ACTIVO y 59 % del tiempo en INACTIVO con periodo de 10 ms). Para este valor intermedio **Conmutar durante registro automático** no tiene efecto.

Con esta salida analógica es posible controlar subgrupos, para los cuales sólo el valor medio o el valor efectivo de la tensión de salida es relevante (por ej. si la fórmula **saw(time/10)** hace que una lámpara incandescente pequeña ilumine por 5 s y se apague nuevamente por 5 s).

Una salida analógica universal la ofrece el Power-CASSY y el Profi-CASSY:

Power-CASSY



Introducción

Power-CASSY (USB o serie) es una interface conectable en cascada y se usa como fuente de tensión o corriente programable (generador de funciones de potencia) con medición integrada de corriente o tensión

- para conectar al puerto USB o al puerto serie RS232 de un ordenador, a otro módulo CASSY o al CASSY-Display,
- separado galvánicamente,
- para conectar en cascada hasta 8 módulos CASSY (ello multiplica las entradas y salidas),
- equipado con microcontrolador para control con sistema operativo CASSY (fácilmente actualizable en cualquier momento mediante software para ampliar su potencia),
- de implementación variable como instrumento de sobremesa, pupitre o de demostración (también para bastidores de experimentación de los sistemas CPS/TPS),
- alimentación de tensión de 12 V (sólo tensión alterna) por medio de un conector cóncavo,

Información para desarrollar un software propio disponible en Internet.

Instrucciones de seguridad

- Transporte varios módulos CASSY conectados en cascada sólo en un bastidor de experimentación o individualmente (la estabilidad mecánica del acoplamiento sin bastidor de experimentación es suficiente para los experimentos pero no para el transporte).
- Para la alimentar con tensión a los módulos CASSY utilice sólo el adaptador de alimentación suministrado (12 V / 1,6 A).

Datos técnicos

1 fuente de tensión programable con medición simultánea de corriente (por ej. para el registro de curvas características).

Resolución:	12 bit
Rango de modulación:	±10 V
Rango de medición:	±0,1/0,3/1 A
Error en tensión:	±1 % más 0,5 % del valor final del rango
Error en corriente:	Error en tensión más ±1 %
Razón de exploración:	200.000 valores/s (= 100.000 valores/s para tensión y corriente)
Número de datos:	prácticamente sin límite (depende del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición superior máx. 32.000 valores (= 16.000 valores para tensión y corriente)

1 fuente de corriente programable con medición simultánea de tensión (selección alternativa a la fuente de tensión).

Rango de modulación:	±1 A
Rango de medición:	±1/3/10 V

Para otros datos véase la fuente de tensión.

1 puerto USB (versión USB) o puerto serie RS232 (SubD-9) para conectar a un ordenador.
1 CASSY-Bus para conectar otros módulos CASSY o el CASSY-Display.

Dimensiones (AxHxP):	115 mm x 295 mm x 45 mm
Peso:	1,0 kg

Volumen de suministro

1 Power-CASSY
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (20 usos libres, después de ello solo utilizable como versión de demostración).
1 Manual de instalación
1 Cable USB o cable serie (SubD-9)
1 Adaptador de alimentación de 12 V / 1,6 A

Indicaciones acerca de las limitaciones de potencia

El Power-CASSY no puede garantizar en todos los casos una corriente continua de 1 A para 10 V debido a la capacidad de potencia del adaptador de alimentación suministrado. Sólo después de conectar un segundo adaptador de alimentación (no incluido en volumen de suministro), el Power-CASSY podrá disponer de reserva de potencia suficiente para tales casos.

La razón de exploración de 100 kHz para el canal de salida limita la frecuencia de salida a un máximo de 10 kHz. Aquí se activa la forma de señal con 10 µs, compuesta así de por lo menos 10 puntos por período cada uno a intervalos de 10 µs. Si de este modo no se consigue alcanzar exactamente la frecuencia ajustada o el ciclo de trabajo, entonces se deberá probar alcanzar ambos predeterminados mediante un promedio lo más exacto posible por un tiempo mucho mayor.

Si Power-CASSY funciona como fuente de corriente, la frecuencia máxima será disminuida adicionalmente por medio de una capacidad de salida virtual de hasta 10 µF. Para una carga óhmica de R = 100 Ω la capacidad de salida da una constante de tiempo de R*C=1 ms y con ello una frecuencia de unos 1000 Hz. En cargas inductivas la frecuencia límite se encuentra muy claramente por debajo (en este caso puede ser útil una resistencia conectada en serie a la inductancia). En cargas capacitivas la capacidad efectiva es mayor en hasta 10 µF.

Ajustes Generador de funciones

El Power-CASSY es un generador de funciones de potencia controlado por ordenador. La magnitud de ajuste del generador de funciones es, o bien, la tensión U (fuente de tensión) o bien la corriente I (fuente de corriente). Al funcionar como fuente de tensión se mide simultáneamente la corriente que fluye I y al funcionar como fuente de corriente se mide la tensión U aplicada. El alcance de ajuste y el rango de medición son seleccionables.

La salida del generador de funciones puede ser limitada mediante **sólo activo durante una medición (single shot)** al tiempo de medición propio. Entre dos mediciones el generador de funciones está desactivado y tampoco es posible alguna determinación de valores medios o valores efectivos.

La forma de curva de salida, frecuencia f (en Hz o kHz), amplitud A (en Vp o Ap), offset de la tensión continua O (en V= o A=) y el ciclo de trabajo (en %) pueden ser ajustados en determinados rangos:

Forma de curva	Frecuencia f	Amplitud A	Offset O	Ciclo detrabajo
DC	-	-	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-
Seno	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 %..100 %
Rectangular	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 %..100 %
Triangular	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 %..100 %
Fórmula	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V. 10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-

Las formas rectangular y triangular están disponibles en dos variantes. La forma de curva simétrica se encuentra entre -A y +A. La forma de curva asimétrica entre 0 y +A.

Están permitidas amplitudes negativas A y reflejan la señal alrededor del 0. El ciclo de trabajo fija la relación entre porciones de curva ascendentes y descendentes. Así por ejemplo fácilmente de una señal triangular (50 %) conseguir una señal diente de sierra (100 %).

Además de las formas de curvas comunes Power-CASSY ofrece también una forma de curva programada por el propio usuario. Para ello se debe introducir una fórmula f(x) que describa la forma de la curva. Para determinar la forma de la curva se evalúa esta función de la variable x en el intervalo [0,1] y es entregada con la frecuencia indicada f, la amplitud A y el offset O. Para la entrada de la fórmula son válidas las reglas ya conocidas. Además la función **synth(a:b:c:...)** permite la definición de una composición armónica según **a*sin(360*x)+b*sin(2*360*x)+c*sin(3*360*x)+...**. La señal se entregará nuevamente con la frecuencia f indicada, la amplitud A y el offset O (véase también el ejemplo para la Síntesis del sonido).

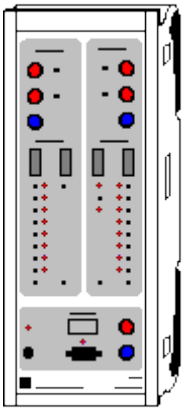
El campo para la entrada de la fórmula es pequeña relativamente. Para la entrada de fórmulas más grandes se puede utilizar un editor de textos corriente y luego colocarla en el cuadro de entrada mediante el copiado y pegado de la fórmula (tecla derecha del ratón).

La tensión U y la corriente I pueden ser representadas como valores momentáneos, promediados de muchos valores medidos o determinados sus valores eficaces. Normalmente es suficiente una representación no promediada de los **valores instantáneos**. Si Power-CASSY está activo continuamente (y no sólo durante una medición), entonces también se puede visualizar **valores promediados** o **valores efectivos** (genera automáticamente el canal φ para el ángulo de fase entre la tensión y corriente correspondiente). Si el intervalo de tiempo es menor que 10 ms, en los últimos dos casos habrá una diferencia en el registro de datos entre lo indicado en la tabla y en el diagrama y lo que se indica en los instrumentos. De esta manera es posible representar simultáneamente las formas de las curvas y sus valores efectivos.

Recomendación

En lugar de valores numéricos también es posible introducir canales definidos para la frecuencia, la amplitud, el offset y el ciclo de trabajo. Así se puede controlar flexiblemente, por ejemplo, la frecuencia de una oscilación sinusoidal o la tensión entregada salida (por ej. mediante Especificación de fórmula en los registros de curvas de resonancia o Regulaciones). En efecto, la inicialización de la salida de una nueva frecuencia (o amplitud, offset, ciclo de trabajo) en el Power-CASSY dura aprox. dos veces 100 ms. Los parámetros pueden ser elevados paso a paso y no continuamente.

Profi-CASSY



Introducción

Profi-CASSY es una interface inteligente para todas las áreas de la electrónica

- para conectar al puerto USB,
- con separación galvánica al ordenador,
- para conectar en cascada con Sensor-CASSY o Power-CASSY (de esta manera se multiplican las entradas y las salidas),
- equipado con microcontrolador para control con el sistema operativo CASSY (fácilmente actualizable en cualquier momento mediante software para ampliar su potencia),
- de implementación variable como instrumento de sobremesa, pupitre o de demostración (también para bastidores de experimentación en los sistemas CPS/TPS),
- alimentación de 12 V (sólo tensión alterna) mediante conector cóncavo,

Información para desarrollar un software propio disponible en Internet.

Instrucciones de seguridad

- Transporte varios módulos CASSY conectados en cascada sólo en un bastidor de experimentación o individualmente (la estabilidad mecánica del acoplamiento sin bastidor de experimentación es suficiente para los experimentos pero no para el transporte).
- Para la alimentar con tensión a los módulos CASSY utilice sólo el adaptador de alimentación suministrado (12 V / 1,6 A).
- Un Profi-CASSY puede alimentar con tensión a un módulo vecino siempre que el consumo de corriente sea siempre menor que 1,6 A (suficiente para un máximo de 2 módulos, en caso de sobrecarga se desconecta). Si dispone de otros CASSY entonces aliméntelos con tensión por separado.

Datos técnicos

2 entradas analógicas de tensión A y B en hembrillas de seguridad de 4 mm
- Resolución: 12 bit
- Rango de medición: ±10 V
- Error de medida: ±1 % más 0,5 % del valor final del rango
- Resistencia de entrada: 1 MΩ
- Razón de exploración: 20.000 valores/s (= 10.000 valores/s por entrada)
- Número de datos: prácticamente sin límite (depende del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición mayores máx. 16.000 valores (= 8.000 valores por entrada)

2 salidas analógicas de tensión X y Y en hembrillas de seguridad de 4 mm
- Resolución: 12 bit
- Rango de modulación: ±10 V
- Error: ±1 % más 0,5 % del valor final del rango
- Corriente de salida: máx. 100 mA por salida
- Razón de exploración: 10.000 valores/s para la salida X
 max. 100 valores/s para la salida Y (depende del PC)
- Número de datos: prácticamente sin límite (depende del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición mayores máx. 8.000 valores (sólo salida X)

16 entradas digitales I0 hasta I15
- Lógica: 5 V ó 24 V
- Razón de exploración: máx. 100 valores/s (depende del PC)

Las entradas digitales están equipadas cada una con dos conectores de 10 polos para la conexión directa a sistemas automáticos. Adicionalmente ocho están equipadas cada una con hembrillas de 2 mm y LEDs para indicar el estado.

16 salidas digitales Q0 hasta Q15
- Lógica: 5 V ó 24 V
- Corriente de salida: 10 mA para alimentación interna de 5 V
 500 mA para alimentación externa hasta 30 V
- Corriente suma: 2 A
- Razón de exploración: máx. 100 valores/s (depende del PC)

Las salidas digitales está equipadas cada una con dos conectores de 10 polos para la conexión directa a sistemas automáticos. Adicionalmente ocho están equipadas cada una con hembrillas de 2 mm y LEDs para indicar el estado.

1 Conexión PROFIBUS con hembrilla sub D de 9 polos
componente pasivo (esclavo) en el bus PROFIBUS-DP con 16 entradas y salidas digitales y una velocidad de transferencia hasta máx. 3 Mbit/s
Dirección configurable desde CASSY Lab

1 puerto USB para la conexión de un ordenador.

1 CASSY-Bus para la conexión del Sensor-CASSYs o del Power-CASSYs.

Dimensiones (AxHxP): 115 mm x 295 mm x 45 mm

Peso: 1,0 kg

Volumen de suministro

1 Profi-CASSY
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (20 usos libres, después de ello solo utilizable como versión de demostración).
1 Manual de instalación
1 Cable USB
1 Adaptador de alimentación de 12 V / 1,6 A
1 Archivo GSD LD066F.GSD para la simple parametrización del PROFIBUS en el CD de CASSY Lab

Aplicaciones

- Simulador equipos CBS9 para PLC, COM3LAB, sistemas digitales y MFA
- CASSY® Lab para el registro y evaluación de los datos medidos
- WinFACT® para aplicaciones en los sistemas de control

Ajustes Entrada analógica

Profi-CASSY ofrece dos entradas de tensión analógicas A y B. La tensión U_A o U_B puede ser medida como valor instantáneo, o como promedio de muchos valores medidos o determinado a partir de su valor efectivo. Normalmente es suficiente el **valor instantáneo**, sin promediar. Pero si la señal de entrada viene acompañada de ruido o se le sobrepone un "zumbido", entonces se requerirán **valores promedios**. En el caso de tensiones alternas en general se miden **valores efectivos** (una medición del valor efectivo de dos canales genera automáticamente el canal cos φ apropiado). Si el intervalo de tiempo es menor que 10 ms, el registro de datos en los últimos casos es diferente en la tabla y en el diagrama de lo que indican los instrumentos de medición. Esto hace posible la representación simultánea de la forma de las curvas y los valores efectivos.

De manera estándar se calculan los valores promedios y los valores efectivos durante un intervalo de tiempo de 100 ms. Este tiempo puede ser modificado globalmente para todas las entradas. Si se emplea al Power-CASSY o el Profi-CASSY este tiempo se modifica para cada variación de frecuencia de la señal de salida de tal forma que siempre sea evalúa un número entero de periodos.

Si la precisión de los valores medidos no es suficiente, ésta puede ser mejorada mediante una corrección.

Ajustes Salida analógica X (Generador de funciones)

Profi-CASSY es también un generador de funciones controlado por ordenador en la salida X. La salida del generador de funciones puede ser limitada mediante **sólo activo durante una medición (single shot)** al tiempo de medición propio. Entre dos mediciones el generador de funciones está desactivado y tampoco es posible alguna determinación de valores medios o valores efectivos.

La forma de curva de salida, frecuencia f (en Hz o kHz), amplitud A (en Vp o Ap), offset de la tensión continua O (en V= o A=) y el ciclo de trabajo (en %) pueden ser ajustados en determinados rangos:

Forma de curva	**Frecuencia f**	**Amplitud A**	**Offset O**	**Ciclo de trabajo**
DC	-	-	-10 V .. 10 V	-
Seno	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
Rectangular	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
Triangular	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
Fórmula	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	-

Las formas rectangular y triangular están disponibles en dos variantes. La forma de curva simétrica se encuentra entre -A y +A. La forma de curva asimétrica entre 0 y +A.

Están permitidas amplitudes negativas A y reflejan la señal alrededor del 0. El ciclo de trabajo fija la relación entre porciones de curva ascendentes y descendentes. Así por ejemplo fácilmente de una señal triangular (50 %) conseguir una señal diente de sierra (100 %).

Además de las formas de curvas comunes Profi-CASSY ofrece también una forma de curva programada por el propio usuario. Para ello se debe introducir una fórmula f(x) que describa la forma de la curva. Para determinar la forma de la curva se evalúa esta función de la variable x en el intervalo [0,1] y es entregada con la frecuencia indicada f, la amplitud A y el offset O. Para la entrada de la fórmula son válidas las reglas ya conocidas. Además la función **synth(a:b:c:...)** permite la definición de una composición armónica según **a*sin(360*x)+b*sin(2*360*x)+c*sin(3*360*x)+...**. La señal se entregará nuevamente con la frecuencia f indicada, la amplitud A y el offset O (véase también el ejemplo para la Síntesis del sonido).

El campo para la entrada de la fórmula es pequeña relativamente. Para la entrada de fórmulas más grandes se puede utilizar un editor de textos corriente y luego colocarla en el cuadro de entrada mediante el copiado y pegado de la fórmula (tecla derecha del ratón).

La tensión U_X puede ser representada como valores momentáneos, promediados de muchos valores medidos o determinados sus valores eficaces. Normalmente es suficiente una representación no promediada de los **valores instantáneos**. Si Profi-CASSY está activo continuamente (y no sólo durante una medición), entonces también se puede visualizar **valores promediados** o **valores efectivos** (genera automáticamente el canal φ para el ángulo de fase entre la salida X y la entrada A correspondiente). Si el intervalo de tiempo es menor que 10 ms, en los últimos dos casos habrá una diferencia en el registro de datos entre lo indicado en la tabla y en el diagrama y lo que se indica en los instrumentos. De esta manera es posible representar simultáneamente las formas de las curvas y sus valores efectivos.

Recomendación

En lugar de valores numéricos también es posible introducir canales definidos para la frecuencia, la amplitud, el offset y el ciclo de trabajo. Así se puede controlar flexiblemente, por ejemplo, la frecuencia de una oscilación sinusoidal o la tensión entregada salida (por ej. mediante Especificación de fórmula en los registros de curvas de resonancia o Regulaciones). En efecto, la inicialización de la salida de una nueva frecuencia (o amplitud, offset, ciclo de trabajo) en el Profi-CASSY dura aprox. dos veces 100 ms. Los parámetros pueden ser elevados paso a paso y no continuamente.

Ajustes Salida analógica Y

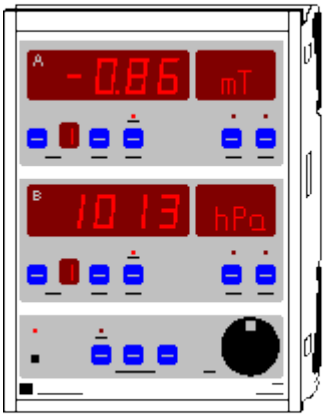
Profi-CASSY ofrece, además de la salida analógica X que puede ser usada como Generador de funciones, una segunda salida analógica Y que puede ser vinculada con una fórmula y para de esta manera variar el nivel de salida a través del programa.

Ajustes Entradas/Salidas digitales

Profi-CASSY ofrece 16 entradas digitales y 16 salidas digitales que pueden ser activadas en grupos de 8 entradas y 8 salidas respectivamente.

Las entradas I_0 hasta I_{15} reproducen el nivel actual de las entradas. Las salidas Q_0 hasta Q_{15} pueden ser vinculadas con fórmulas y para de esta manera variar el nivel de salida a través del programa.

CASSY-Display



Introducción

CASSY-Display (USB o serie) es un visualizador de 2 canales para la indicación de valores medidos sin ordenador

- equipado con microcontrolador para control con sistema operativo CASSY (fácilmente actualizable en cualquier momento mediante software para ampliar su potencia),
- de implementación variable como instrumento de sobremesa, pupitre o de demostración (también para bastidores de experimentación de los sistemas CPS/TPS),
- soporta hasta 8 Sensor-CASSYs (correspondiente a 16 canales de medición),
- la medición se realiza en el Sensor-CASSY o en una unidad sensora conectada a él, (véase allí las magnitudes y rangos de medición),
- los valores medidos son conmutables y calibrables individualmente. Magnitud y unidad son automáticamente conmutadas al conectar o cambiar de unidad sensora,
- con reloj de tiempo real integrado y logger de datos, memoria de datos para hasta 32.000 valores que permanecen hasta después de la desconexión y pueden ser leídos posteriormente desde un ordenador a través del puerto USB (desde Windows 98/2000) o a través del puerto serie,
- alimentación de tensión de 12 V CA/CC mediante un conector cóncavo.

Instrucciones de seguridad

- Transporte varios módulos CASSY conectados en cascada sólo en un bastidor de experimentación o individualmente (la estabilidad mecánica del acoplamiento sin bastidor de experimentación es suficiente para los experimentos pero no para el transporte).
- Para la alimentar con tensión a los módulos CASSY utilice sólo el adaptador de alimentación (12 V / 1,6 A).

Logger de datos

El CASSY-Display tiene una memoria de datos integrada, en la cual se guardan los datos de la medición. Desde aquí los datos pueden ser leídos posteriormente por CASSY Lab. Si el CASSY-Display está conectado al ordenador, éste se verá representado en la disposición actual de los módulos CASSY en los ajustes de la página CASSY. La lectura de los datos se efectúa simplemente haciendo un clic sobre **Lectura de datos**.

Simultáneamente se ajusta la hora del CASSY-Display a la hora del sistema del ordenador. Por esta razón se recomienda que ponga a su ordenador a la hora correcta.

Para un uso adicional del CASSY-Display tenga presente las instrucciones de servicio del mismo.

Pocket-CASSY (CASSY de bolsillo)



Introducción

El Pocket-CASSY (CASSY de bolsillo) es una interfaz de registro de datos

- para conectar al puerto USB de un ordenador o de un concentrador (hub) activo,
- compatible al USB 1.x y 2.0 (velocidad total),
- se puede utilizar hasta 8 entradas analógicas por Pocket-CASSY mediante unidades sensoras,
- para utilizar simultáneamente hasta 8 Pocket-CASSYs en diferentes puertos USB (con ello se dispone de un número proporcional de entradas),
- detección automática de unidades sensoras a través de CASSY Lab (plug & play),
- alimentación de tensión a través del puerto USB (500 mA),

En Internet usted puede encontrar la información para desarrollar el software que el propio usuario puede realizar.

Instrucciones de seguridad

- Por su propia seguridad no conecte los sensores y las unidades sensoras con tensiones mayores de 30 V.
- Tenga en cuenta la posible conexión a tierra entre sensores y ordenador.

Datos técnicos

1 Entrada analógica en terminal de conexión del sensor
(todas las unidades sensoras CASSY (SensorBox) y sensores pueden ser conectados)

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	±0,003/0,01/0,03/0,1/0,3/1 V
Error de medición:	±1 % al cual se adiciona el 0,5 % del valor total de la escala
Impedancia de entrada:	10 kΩ
Velocidad de exploración:	máx. 7.800 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo16.000 valores

Los datos técnicos varían según la unidad sensora conectada. Detección automática de las magnitudes a medir y rangos posibles por medio de CASSY Lab después de conectar una unidad sensora (Sensorbox).

2 Entradas Timer en el terminal de conexión del sensor
(por ej. para unidad BMW, unidad GM o unidad Timer)

Frecuencia de conteo:	máx. 10 kHz
Resolución del tiempo:	1 µs
Tiempo de medición entre dos eventos:	mín. 100 µs
Memoria:	máx. 5.000 puntos del tiempo (= 2.500 por entrada)

6 Entradas digitales (TTL) en el terminal de conexión del sensor
(por ej. se utiliza sólo para la detección automática de unidad sensora)

3 Salidas digitales (TTL) en el terminal de conexión del sensor
(por ej. se utiliza sólo para la detección automática de una unidad sensora)

1 Puerto USB para la conexión de un ordenador y para la alimentación de tensión (500 mA)

Dimensiones (AxHxP):	50 mm x 25 mm x 60 mm
Peso:	0,1 kg

Volumen del suministro

1 Pocket-CASSY
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (20 activaciones libres, luego utilizable como versión de demostración).
1 Instrucciones para la instalación
1 Cable USB

Empleo del Pocket-CASSY

Pocket-CASSY es una interfaz diseñada como un instrumento de entrenamiento para los alumnos y de bajo costo. Por ello se ha prescindido de algunas características de potencia del Sensor-CASSY. Sin embargo, con Pocket-CASSY es posible realizar la mayoría de experimentos ya descritos. Estos experimentos están marcados con el logotipo de Pocket-CASSY. La descripción ulterior y las listas de equipos indicadas se refieren, no obstante, al uso del Sensor-CASSY.

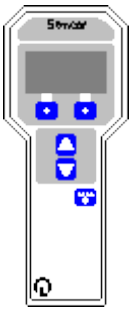
Realización de un experimento con Pocket-CASSY en lugar del Sensor-CASSY

- Para las mediciones de tensión y corriente con Pocket-CASSY se requiere el sensor UI S (524 062) o el sensor UIP S (524 0621).
- Si con el Sensor-CASSY se utilizan las dos entradas analógicas A y B, en lugar de ellas se debe usar dos Pocket-CASSY (eventualmente con dos sensores UI S). En caso de medición de tensión y corriente combinadas es suficiente un Pocket-CASSY con el sensor UIP S.
- Los símbolos de las magnitudes a medir tienen un índice menor que los que se indica en las descripciones de ensayos, ya que en el Pocket-CASSY no se debe hacer la diferencia entre entrada A o B, por ej. U_1 y U_2 (dos Pocket-CASSY) en lugar de U_{A1} y U_{B1} (un Sensor-CASSY).

Limitaciones del Pocket-CASSY en comparación con Sensor-CASSY

- Sólo se tiene una entrada de sensor. Si hay suficientes puertos USB disponibles, entonces se puede disponer de varias entradas de sensor si se utiliza varios Pocket-CASSY al mismo tiempo. Como no existe ninguna camino directo de señal entre varios Pocket-CASSY, es posible que se presenten errores de tiempo de trigger (disparo) de hasta 5 ms.
- No se dispone entradas de tensión y corriente a través de hembrillas de 4 mm. Estas pueden ser obtenidas con el sensor UI S o con el sensor UIP S. Aunque el sensor UI S tiene sólo 7 en lugar de 10 rangos de medición. Aquí faltan los rangos ±100 V, ±3 A, ±0,1 A. Además no puede registrar U e I en paralelo. Al sensor UIP S le falta sólo el rango de ±100 V.
- No hay posibilidad de seleccionar una resolución de tiempo $\Delta t < 100$ µs. Pocket-CASSY explora internamente con un $\Delta t >= 128$ µs, de tal forma que para $\Delta t = 100$ µs ya se realiza una interpolación.
- No se dispone de un relé R y tampoco de una fuente de tensión S.
- Las entradas del Timer tienen una resolución de sólo 1 µs. Adicionalmente puede presentarse un tiempo de latencia variable de hasta 10 µs. La máxima frecuencia a medir es de aprox. 10 kHz.
- Pocket-CASSY no está aislado galvánicamente. Dependiendo del sensor conectado puede existir una unión a tierra general entre sensor y ordenador. Al utilizar simultáneamente dos Pocket-CASSY en el mismo ordenador existe incluso la posibilidad que dos sensores estén conectados eléctricamente entre si. Para compensar esta desventaja se ha pensado implementar al ampliamente usado sensor UI S (524 062) y al sensor UIP S (524 0621) como amplificador diferencial. Sus hembrillas de entrada están unidas a tierra sólo a través de altas resistencias.

Mobile-CASSY (CASSY móvil)



Introducción

Mobile-CASSY es un instrumento de medición de bolsillo multiuso

- para casi todos los sensores CASSY y unidades sensoras,
- con detección automática de unidades sensoras (plug & play),
- se puede utilizar hasta 8 entradas analógicas por Mobile-CASSY mediante unidades sensoras,
- alimentación de tensión con 4 pilas de miñón (AA, pilas/pilas recargables) o adaptador de alimentación de 12 V AC/DC,
- con registrador de datos (logger) incorporado para hasta 16.000 datos,
- con posibilidad de conexión al puerto USB de un ordenador para la lectura del registrador de datos o indicación en grande de los valores medidos,
- compatible al USB 1.x y 2.0,
- para utilizar simultáneamente hasta 8 Mobile-CASSY en diferentes puertos USB,
- aislado galvánicamente del ordenador.

En Internet usted puede encontrar la información para desarrollar el software que el propio usuario puede realizar.

Instrucciones de seguridad

- Por su propia seguridad no conecte los sensores y las unidades sensoras con tensiones mayores de 30 V.

Datos técnicos

1 Entrada analógica en terminal de conexión del sensor
(casi todas las unidades sensoras CASSY y sensores pueden ser conectados)

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	±0,003/0,01/0,03/0,1/0,3/1 V
Error de medición:	±1 % al cual se adiciona el 0,5 % del valor total de la escala
Impedancia de entrada:	10 kΩ
Velocidad de exploración:	máx. 5 valores/s
Número de datos:	16.000 en el registrador de datos (logger) incorporado o prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) al medir en PC

Los datos técnicos varían según la unidad sensora conectada. Detección automática de las magnitudes a medir y rangos posibles después de conectar una unidad sensora.

1 Visualización para la representación simultánea de hasta 4 valores en diferentes tamaños de letra.

1 Puerto USB para la conexión de un ordenador.

Dimensiones (AxHxP):	87 mm x 215 mm x 30 mm
Peso:	0,25 kg

Volumen del suministro

1 Mobile-CASSY
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (20 activaciones libres, luego utilizable como versión de demostración).
1 Instrucciones de servicio
1 Cable USB

Empleo del Mobile-CASSY

Mobile-CASSY es una interfaz que ha sido concebida para ser usado en cualquier lugar (uso móvil). Por ello se ha prescindido de algunas características de potencia del Sensor-CASSY pero se le ha incorporado un registrador de datos (logger). Sin embargo, con Mobile-CASSY se pueden realizar algunos de los experimentos ya descritos. Estos experimentos están marcados con el logotipo de Mobile-CASSY. La descripción ulterior y las listas de equipos indicadas se refieren, no obstante, al uso del Sensor-CASSY.

Realización de un experimento con Mobile-CASSY en lugar del Sensor-CASSY

- Para las mediciones de tensión y corriente con Mobile-CASSY se requiere el sensor UI S (524 062) o el sensor UIP S (524 0621).
- Si con el Sensor-CASSY se utilizan las dos entradas analógicas A y B, en lugar de ellas se debe usar dos Mobile-CASSY (eventualmente con dos sensores UI S). En caso de medición de tensión y corriente combinadas es suficiente un Mobile-CASSY con el sensor UIP S.
- Los símbolos de las magnitudes a medir tienen un índice menor que los que se indica en las descripciones de ensayos, ya que en el Mobile-CASSY no se debe hacer la diferencia entre entrada A o B, por ej. U_1 y U_2 (dos Mobile-CASSY) en lugar de U_{A1} y U_{B1} (un Sensor-CASSY).

Limitaciones del Mobile-CASSY en comparación con Sensor-CASSY

- Sólo se tiene una entrada de sensor. Si hay suficientes puertos USB disponibles, entonces se puede disponer de varias entradas de sensor si se utiliza varios Mobile-CASSY al mismo tiempo.
- No se dispone entradas de tensión y corriente a través de hembrillas de 4 mm. Estas pueden ser obtenidas con el sensor UI S o con el sensor UIP S. Aunque el sensor UI S tiene sólo 7 en lugar de 10 rangos de medición. Aquí faltan los rangos ±100 V, ±3 A, ±0,1 A. Además no puede registrar U e I en paralelo. Al sensor UIP S le falta sólo el rango de ±100 V.
- No hay posibilidad de seleccionar una resolución de tiempo $\Delta t < 200$ ms.
- No se dispone de un relé R y tampoco de una fuente de tensión S.
- Las entradas del timer sólo pueden ser utilizadas con bastantes limitaciones.

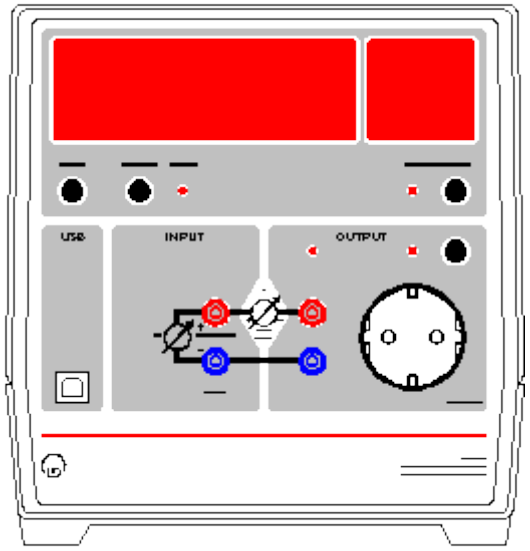
Logger de datos

El Mobile-CASSY tiene una memoria de datos incorporada, en la que se puede almacenar datos que permanecen allí incluso sin alimentación de tensión. Posteriormente, con CASSY Lab se puede leer los datos almacenados en el registrador. Cuando el Mobile-CASSY está conectado al ordenador se verá representado en la disposición actual de los módulos CASSY, en la página de CASSY de los Ajustes. La lectura de los datos se realiza simplemente haciendo un clic en **Leer datos**.

Al mismo tiempo se ajusta el reloj en tiempo real del Mobile-CASSY a la hora del sistema del ordenador. Por esta razón ponga a la hora exacta el sistema de su ordenador.

Para un uso ulterior del Mobile-CASSY remítase por favor a las instrucciones de servicio adjuntas.

Jouliómetro y vatímetro



Introducción

El jouliómetro y vatímetro es un multímetro de uso múltiple con medidor de potencia para

- medir e indicar la tensión efectiva U y corriente I para tensiones y corrientes de cualquier forma de curva,
- para indicar la potencia activa P calculada y las integrales temporales $\int P(t)\,dt$ (trabajo), $\int U(t)\,dt$ (transitorio) y $\int I(t)\,dt$ (carga),
- con un rango de potencia grande desde nW hasta kW (12 décadas),
- con indicación grande de dígitos luminosa, visible a lo lejos,
- con conexión a la carga opcional a través de hembrillas de seguridad de 4 mm o por tomacorriente (lado frontal),
- con posibilidad de conexión al puerto USB de un PC para la lectura de las formas de curvas dependientes del tiempo U(t), I(t) y P(t) y sus valores efectivos,
- compatible a USB 1.x y 2.0 (full speed),
- aislado galvánicamente del PC.

Información disponible para el desarrollo propio del software en Internet.

Instrucciones de seguridad

El aparato cumple con las normas de seguridad estipuladas para los aparatos eléctricos de medición, mando, control y de laboratorio de acuerdo con la norma DIN EN 61010, 1ra. parte. Se ha previsto para que trabaje en ambientes secos, apropiados para equipos o instalaciones eléctricas.

Se garantiza un funcionamiento seguro del aparato cuando es usado con propiedad. Sin embargo, si su uso es inadecuado o descuidado no hay seguridad en su funcionamiento. Si sospecha que su funcionamiento ya no es seguro, ponga al aparato fuera de servicio (por ej. en caso de presentarse daños visibles).

Antes de la primera puesta en funcionamiento:

- Verifique si el valor impreso para la tensión de red en la placa de características corresponde al valor del lugar.
- Busque y lea las instrucciones de servicio del equipo con el número de catálogo respectivo en el CD suministrado "Instrucciones de servicio".

Antes de la puesta en funcionamiento:

- Inspeccione si el equipo presenta daños y en caso de fallas en su funcionamiento o daños visibles ponga el equipo fuera de servicio asegurándose de que no sea utilizado por otro experimentador.

En cada puesta en funcionamiento:

- Conecte el aparato sólo a tomacorrientes que dispongan de un conector neutro con puesta a tierra y conector protector.

- No lo conecte a tensiones que sobrepasen los 250 V y con corrientes mayores a 10 A.
- Inspeccione los cables de experimentación, cables y puntas de prueba antes de realizar la conexión verificando que no presenten daños en el aislamiento y no estén pelados.
- Para la experimentación con tensiones de peligro al contacto sólo utilice cables de seguridad de 4 mm.
- El tomacorriente de la parte frontal puede también estar bajo tensión cuando la salida no está activa.
- Reemplace el fusible dañado sólo con otro fusible que corresponda con los valores originales (T 10 A / 250 V).
- Nunca cortocircuitee el fusible o el portafusible.
- Dejar siempre libres las ranuras de ventilación de la carcasa para garantizar suficiente circulación de aire y la ventilación de los componentes internos.
- Mantenga lejos de las ranuras de ventilación objetos metálicos, otros cuerpos extraños y agua de las ranuras de ventilación.
- No ponga en funcionamiento el aparato si alguno de estos objetos ha caído dentro del mismo.
- Sólo un técnico especializado puede abrir el aparato.
- Evite fuertes sacudidas del aparato.

Datos técnicos

1 Entrada analógica de tensión en hembrillas de 4 mm

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	±5**/±50**/±500 mV / ±5/±50/±250 V
Precisión*:	1 %
Impedancia de entrada:	≥1 MΩ
Velocidad de exploración:	máx. 10.000 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo 16.000 valores

1 Entrada analógica de tensión para tomacorriente (se usa como alternativa)

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	250 V
Precisión*:	1 %
Impedancia de entrada:	2 MΩ
Velocidad de exploración:	máx. 10.000 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo 16.000 valores

1 Entrada analógica de corriente para hembrillas de seguridad de 4 mm y tomacorriente

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	±0,2/±2/±20 mA / ±0,2/±2/±10 A
Precisión*:	1 %
Impedancia de entrada:	10 Ω / ca. 0,01 Ω
Velocidad de exploración:	máx. 10.000 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo 16.000 valores

Conexión de la carga:	Opcional a través de hembrillas de seguridad de 4 mm o tomacorriente (lado frontal)
Visualizador:	Visualizador de 7 segmentos para 5 dígitos, para valores numéricos y matriz 7x15 para las unidades
Altura de dígitos:	25 mm
Puerto USB:	USB 1.x y 2.0 (full speed), aislado galvánicamente
Conexión:	230 V, 50/60 Hz
Dimensiones (AxHxP):	20 cm x 21 cm x 23 cm
Peso:	2 kg

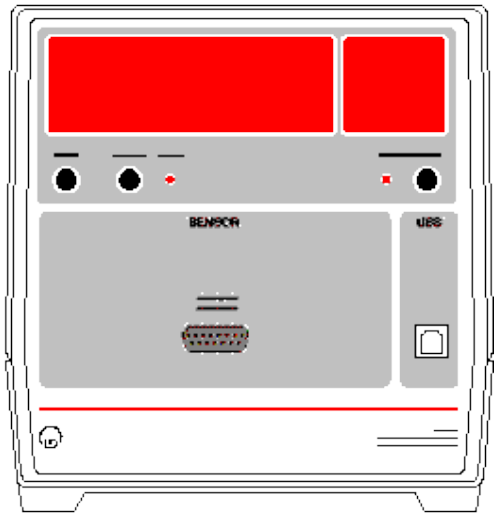
* La precisión indicada es válida en los valores finales del rango de medición respectivo para c.c. y c.a. con una frecuencia 50 ó 60 Hz y un factor de creta = valor pico: valor efectivo ≤ 2.

** Este rango de medición es apropiado sólo para c.c. (y no para c.a.).

Volumen de suministro

1 Jouliómetro y vatímetro
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (puede ser utilizado para el Jouliómetro y vatímetro sin limitaciones)
1 Instrucciones de servicio
1 Cable USB

Instrumento múltiple para mediciones en Física



Introducción

El "Instrumento múltiple para mediciones en Física" es un multímetro universal

- para la medición e indicación de magnitudes físicas,
- con indicación grande de dígitos luminosa, visible a lo lejos,
- con posibilidad de conexión al puerto USB de un PC para la lectura de las formas de curvas dependientes del tiempo,
- compatible a USB 1.x y 2.0 (full speed),
- aislado galvánicamente del PC.

Información disponible para el desarrollo propio del software en Internet.

Instrucciones de seguridad

El aparato cumple con las normas de seguridad estipuladas para los aparatos eléctricos de medición, mando, control y de laboratorio de acuerdo con la norma DIN EN 61010, 1ra. parte. Se ha previsto para que trabaje en ambientes secos, apropiados para equipos o instalaciones eléctricas.

Se garantiza un funcionamiento seguro del aparato cuando es usado con propiedad. Sin embargo, si su uso es inadecuado o descuidado no hay seguridad en su funcionamiento. Si sospecha que su funcionamiento ya no es seguro, ponga al aparato fuera de servicio (por ej. en caso de presentarse daños visibles).

Antes de la primera puesta en funcionamiento:

- Verifique si el valor impreso para la tensión de red en la placa de características corresponde al valor del lugar.
- Busque y lea las instrucciones de servicio del equipo con el número de catálogo respectivo en el CD suministrado "Instrucciones de servicio".

Antes de la puesta en funcionamiento:

- Inspeccione si el equipo presenta daños y en caso de fallas en su funcionamiento o daños visibles ponga el equipo fuera de servicio asegurándose de que no sea utilizado por otro experimentador.

En cada puesta en funcionamiento:

- Conecte el aparato sólo a tomacorrientes que dispongan de un conector neutro con puesta a tierra y conector protector.
- Dejar siempre libres las ranuras de ventilación de la carcasa para garantizar suficiente circulación de aire y la ventilación de los componentes internos.
- Mantenga lejos de las ranuras de ventilación objetos metálicos, otros cuerpos extraños y agua de las ranuras de ventilación.
- No ponga en funcionamiento el aparato si alguno de estos objetos ha caído dentro del mismo.
- Sólo un técnico especializado puede abrir el aparato.
- Evite fuertes sacudidas del aparato.

Datos técnicos

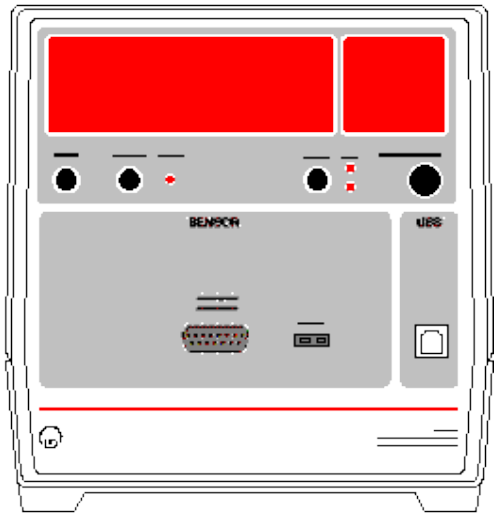
1 Entrada analógica para numerosos sensores S

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	depende del sensor
Precisión:	1 % adicionado al error del sensor
Impedancia de entrada:	10 kΩ
Velocidad de exploración:	máx. 10.000 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo 16.000 valores
Visualizador:	Visualizador de 7 segmentos para 5 dígitos, para valores numéricos y matriz 7x15 para las unidades
Altura de dígitos:	25 mm
Puerto USB:	USB 1.x y 2.0 (full speed), aislado galvánicamente
Conexión:	230 V, 50/60 Hz
Dimensiones (AxHxP):	20 cm x 21 cm x 23 cm
Peso:	2 kg

Volumen de suministro

1 Instrumento múltiple para mediciones en Física
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (puede ser utilizado para el Instrumento múltiple para mediciones en Física sin limitaciones)
1 Instrucciones de servicio
1 Cable USB

Instrumento múltiple para mediciones en Química



Introducción

El "Instrumento múltiple para mediciones en Química" es un multímetro universal

- para la medición e indicación de magnitudes químicas,
- con indicación grande de dígitos luminosa, visible a lo lejos,
- con posibilidad de conexión al puerto USB de un PC para la lectura de las formas de curvas dependientes del tiempo,
- compatible a USB 1.x y 2.0 (full speed),
- aislado galvánicamente del PC.

Información disponible para el desarrollo propio del software en Internet.

Instrucciones de seguridad

El aparato cumple con las normas de seguridad estipuladas para los aparatos eléctricos de medición, mando, control y de laboratorio de acuerdo con la norma DIN EN 61010, 1ra. parte. Se ha previsto para que trabaje en ambientes secos, apropiados para equipos o instalaciones eléctricas.

Se garantiza un funcionamiento seguro del aparato cuando es usado con propiedad. Sin embargo, si su uso es inadecuado o descuidado no hay seguridad en su funcionamiento. Si sospecha que su funcionamiento ya no es seguro, ponga al aparato fuera de servicio (por ej. en caso de presentarse daños visibles).

Antes de la primera puesta en funcionamiento:

- Verifique si el valor impreso para la tensión de red en la placa de características corresponde al valor del lugar.
- Busque y lea las instrucciones de servicio del equipo con el número de catálogo respectivo en el CD suministrado "Instrucciones de servicio".

Antes de la puesta en funcionamiento:

- Inspeccione si el equipo presenta daños y en caso de fallas en su funcionamiento o daños visibles ponga el equipo fuera de servicio asegurándose de que no sea utilizado por otro experimentador.

En cada puesta en funcionamiento:

- Conecte el aparato sólo a tomacorrientes que dispongan de un conector neutro con puesta a tierra y conector protector.
- Dejar siempre libres las ranuras de ventilación de la carcasa para garantizar suficiente circulación de aire y la ventilación de los componentes internos.
- Mantenga lejos de las ranuras de ventilación objetos metálicos, otros cuerpos extraños y agua de las ranuras de ventilación.
- No ponga en funcionamiento el aparato si alguno de estos objetos ha caído dentro del mismo.
- Sólo un técnico especializado puede abrir el aparato.
- Evite fuertes sacudidas del aparato.

Datos técnicos

1 Entrada analógica para numerosos sensores S

Resolución:	12 bit
Rango de medición:	depende del sensor
Precisión:	1 % adicionado al error del sensor
Impedancia de entrada:	10 kΩ
Velocidad de exploración:	máx. 10.000 valores/s
Número de datos:	prácticamente ilimitado (dependiendo del PC) hasta 100 valores/s, en tasas de medición más altas máximo 16.000 valores
Visualizador:	Visualizador de 7 segmentos para 5 dígitos, para valores numéricos y matriz 7x25 para las unidades
Altura de dígitos:	25 mm
Puerto USB:	USB 1.x y 2.0 (full speed), aislado galvánicamente
Conexión:	230 V, 50/60 Hz
Dimensiones (AxHxP):	20 cm x 21 cm x 23 cm
Peso:	2 kg

Volumen de suministro

1 Instrumento múltiple para mediciones en Química
1 Software CASSY Lab sin código de desbloqueo para Windows 98/2000/XP/Vista con ayuda detallada (puede ser utilizado para el Instrumento múltiple para mediciones en Química sin limitaciones)
1 Instrucciones de servicio
1 Cable USB

Otros dispositivos seriales

Además de CASSY, CASSY Lab soporte otros dispositivos seriales. Estos pueden ser utilizados simultáneamente con CASSY en otro puerto serie libre. A ellos pertenecen:

- ASCII (configurable)
- Balanza (diver. fabricantes)
- VideoCom (337 47)
- IRPD (332 11)
- Instrumento de medición multifuncional MFA 2001 (727 230)
- Metra Hit (531 28 - 531 30)
- Medidores de temperatura (666 209 / 666 454)
- Fotómetro espectral digital (667 3491)
- Data Logger (666 252)
- pH-Meter (666 221)
- Medidor de conductividad (666 222)
- Medidor Lux (666 223 / 666 230)
- Medidor de O2 (666 224)
- Fotómetro (666 225)
- Medidor de nivel de sonido (666 231)
- Medidor de CO2-CO-CH4 (666 232)
- Medidor de potencia óptica (736 435)
- Plataforma giratoria para antena (737 405)

ASCII, Balanza, VideoCom, IRPD, MFA 2001

Además de balanzas, VideoCom (337 47), el detector de posición IR (332 11) y el instrumento de medición multifuncional MFA 2001 (727 230) CASSY Lab también soporta cualquier aparato conectado al puerto serie, siempre que estos envíen datos ASCII (texto puro, número y unidad, modo 8N1 = 8 bits de datos, ninguna paridad, 1 bit de parada o modo 7E1 = 7 bits de datos, paridad par, 1 bit de parada). Sólo se compara la unidad prefijada con la unidad enviada. Si estas concuerdan por lo menos al inicio, entonces el valor numérico enviado es visualizado como valor medido. Si no se indica la unidad, entonces se visualizan todos los valores numéricos.

En el caso de VideoCom y del detector IRPD la velocidad de transmisión está prefijada. Como las balanzas y otros dispositivos pueden trabajar con diferentes velocidades de transmisión, entonces sólo hay que escogerla.

Soluciones de problemas

Si no se visualiza ningún valor medido, esto puede tener diferentes causas:

- El puerto serie no es correcto.
- Parámetros del puerto son falsos. Asegúrese que el dispositivo tenga la misma velocidad de transmisión y envíe en el mismo modo (8N1 = 8 bits de datos, ninguna paridad, 1 bit de parada o 7E1 = 7 bits de datos, paridad par, 1 bit de parada). VideoCom, IRPD y MFA 2001 cumplen siempre con esta condición.
- Cable de conexión inapropiado: según el tipo de dispositivo se requiere un cable no cruzado (cable 1:1) o un cable cruzado (cable nulo de módem). VideoCom, IRPD y MFA 2001 requieren un cable 1:1, las balanzas en general un cable nulo de módem.
- Unidad incorrecta: con fines de prueba la unidad puede ser borrada. Esto hace que todos los valores numéricos sean visualizados. En el caso de VideoCom y IRPD la unidad siempre es correcta.
- El dispositivo no envía: verifíquelo con un programa terminal como Hyperterminal (pertenece a Windows, una instalación posterior de este componente en el panel de control puede ser necesario).

Limitaciones con VideoCom

El rango de visualización indicado se utiliza simultáneamente para la calibración de recorrido de VideoCom y debe corresponder por esta razón al ancho del campo visual de VideoCom.

Sólo se visualiza la posición del primer reflex reconocido. Para varias posiciones se puede utilizar como siempre el software de VideoCom.

La medición no se ejecuta con sincronización temporal. Aunque VideoCom envía 80 posiciones por segundo, el software no sincroniza el registro de datos a ello. Se recomienda utilizar un intervalo de por lo menos 100 ms para la medición, lo cual es suficiente para la aplicación típica de VideoCom junto con CASSY (regulación de la posición).

MetraHit

Se soporta un MetraHit 14S hasta 18S (531 28 - 531 30) cuando este está equipado con un adaptador de interface (531 31).

Las magnitudes deben ser seleccionadas de acuerdo al ajuste en el MetraHit. El rango de visualización indicado puede ser cambiado en cualquier momento y no tiene nada que ver con el propio rango de medición en MetraHit. Cuando el rango de medición en MetraHit ha sido cambiado, el rango de indicación permanece en el software, hasta que allí también sea cambiado.

Los diferentes MetraHits miden muchas y diferentes posiciones decimales significativas. Para conseguir una indicación idéntica, entonces se debe **suprimir una posición decimal**.

Soluciones de problemas

Si no se visualizan valores de la medición, esto puede tener diferentes causas:

- Puerto serie no es correcto.
- Cable de conexión inapropiado: utilice un cable no cruzado (cable 1:1), el cual pertenece al adaptador de interface (531 31).
- Magnitud incorrecta: ajuste la magnitud correcta en el dispositivo y en el software.
- El LED en el adaptador de interface no se hace intermitente: Active la transferencia de datos en MetraHit (pulse simultáneamente **DATA** y **ON**).

Medidor de temperatura

Se soporta un medidor de temperatura (666 209 ó 666 454). A cada una de las cuatro temperaturas les corresponde un instrumento indicador, los cuales son ordenados en la ventana principal con los botones rápidos.

El rango de indicación fijado puede ser cambiado y no tiene nada que ver con el rango propio de medición en el medidor de temperatura.

El medidor de temperatura dispone de una memoria de valores medidos que puede ser leída. Con tal propósito se debe accionar **Lectura de memoria**.

Soluciones de problemas

Si no se visualizan valores de la medición, esto puede tener diferentes causas:

- Puerto serie no es correcto.
- Cable de conexión inapropiado: utilice un cable no cruzado (cable 1:1).
- Se ha seleccionado un dispositivo incorrecto: verifique el número de catálogo del dispositivo con la información en el cuadro de diálogo. Las versiones antiguas del medidor de temperatura pueden ser utilizadas como **ASCII (configurable)**.
- No hay sonda de temperatura montada.

Fotómetro espectral digital

Existe la posibilidad de conectar un Fotómetro espectral digital (667 3491). Tanto la longitud de onda λ actual como la transmisión T medida actual en porcentaje reciben cada uno un instrumento indicador, los cuales son ordenados en la ventana principal en la barra de botones rápidos.

Si además se deben indicar los valores de la absorción (100-T) o de la extinción (-log(T/100)), éstos valores pueden ser calculados mediante Fórmulas o simplemente cargar los ajustes del ejemplo de ensayo respectivo.

Soluciones de problemas

Si no se indican datos durante la medición, esto puede tener diferentes razones:

- El puerto serie no es el correcto.
- Cable de conexión falso: Utilice sólo el cable suministrado.
- Dispositivo seleccionado falso: Verifique el número de catálogo del dispositivo con la entrada respectiva en el cuadro de diálogo.

Medidores portátiles y Logger de datos

Se soporta todos los dispositivos de la serie de medidores portátiles y el Logger de datos respectivo:

- Data Logger (666 252)
- pH-Meter (666 221)
- Medidor de conductividad (666 222)
- Luxómetro (666 223 / 666 230)
- Medidor de O_2 (666 224)
- Fotómetro (666 225)
- Medidor de nivel de sonido (666 231)
- Medidor de CO_2-CO-CH_4 (666 232)
- Medidor de potencia óptica (736 435)

Sólo se puede conectar un tipo de medidor portátil al mismo tiempo. Si debe utilizar un tipo de medidor portátil varias veces simultáneamente (por ej. dos medidores de pH), entonces conecte a estos dispositivos a través de Logger de datos.

El rango de indicación predefinido puede ser cambiado en cualquier momento y no tiene nada que ver con el propio rango de medición en el medidor portátil. Si se cambia el rango de medición en el dispositivo, el rango de indicación permanece en el software hasta que también allí sea cambiado.

Para cada magnitud se genera un instrumento indicador, el cual es ordenado en la ventana principal con los botones rápidos.

El Logger de datos y el medidor de nivel de sonido dispone de una memoria de datos que puede ser leída. A tal efecto se debe accionar **Lectura de memoria** y en el dispositivo se debe iniciar el envío de los valores.

Soluciones de problemas

Si no se visualizan valores de la medición, esto puede tener diferentes causas:

- Puerto serie no es correcto.
- Cable de conexión inapropiado: utilice sólo el cable especial de conexión a un ordenador (666 251).
- Se ha seleccionado un dispositivo incorrecto: verifique el número de catálogo del dispositivo con la información en el cuadro de diálogo.
- Magnitud incorrecta: ajuste en el dispositivo la magnitud correcta.

Plataforma giratoria para antena

Para ser utilizado con la plataforma giratoria (737 405). Además de los numerosos Ejemplos de ensayos predefinidos se puede modificar manualmente los siguientes parámetros para su empleo óptimo:

- **Gama desde**
 Indique el ángulo de inicio en grados para la medición, por ej. –180
- **Gama hasta**
 Indique el ángulo final en grados, por ej. 180
- **Paso angular**
 Menú de selección para la resolución angular, los intervalos de giro pueden ser seleccionados entre 0,5° / 1° / 2°.
- **Corriente de polarización**
 Para ser activado o desactivado. El diodo detector Schottky utilizado en la antena dipolar (737 411) requiere una pequeña corriente continua (Bias) en el orden de 15 μA. Sin esta corriente de polarización disminuye la sensibilidad del detector notoriamente.

- **Modulación Gunn**
 Sobrepone una tensión de forma rectangular de aprox. 1 kHz, 1 V_{pp} a la alimentación de CC del oscilador. Activarla sólo cuando no haya modulador PIN (737 05).
- **Características del detector**
 Las antenas de prueba deben estar conectadas siempre con un detector (por ej. Detector coaxial 737 03), o éstas poseen un diodo detector integrado fijamente. La propia señal de antena A delante del detector no puede ser medida directamente sino sólo la caída de tensión U que genera la corriente del detector en el amplificador de medición. En general A no es proporcional a U. Aquí se puede seleccionar entre:
 - Detector cuadrático: $A \propto U^{1/2}$ (buena aproximación para pequeñas tensiones receptoras U < 5 mV)
 - Detector lineal: $A \propto U$ (Aproximación para grandes tensiones receptoras U > 5 mV)
 - Libre: $A \propto U^{1/m}$ (aquí el propio experimentador debe ingresar la característica del detector m, por ej. Después de la medición de control con un elemento de amortiguación calibrado 737 09).
- **Cálculo Campo lejano**
 Entrada del D_T (Medición transversal más grande de la antena de prueba en mm). Tomando en consideración la dilatación de la antena emisora D_Q (por ej. la antena de bocina grande 737 21: D_Q = 100 mm) y la longitud de onda λ_0 = 32 mm se calcula la distancia mínima r_0 entre la antena emisora y la antena receptora a partir de la cual se puede considerar las condiciones de campo lejano:
 $$r_0 \geq \frac{2(D_Q + D_T)^2}{\lambda_0}$$
- **Normalizar nivel**
 Genera el cociente $A= U/U_{max}$, en el máximo este es 1. Para la medida de amortiguación logarítmica a se cumple en el máximo a = 0 dB.
- **Girar máximo a 0°**
 Pone el máximo de la curva de medición a 0°. Con ambas teclas cursoras se puede girar o desplazar manualmente la curva de medición. ¡Atención durante el uso del cursor: Los instrumentos de medición (por ej. Nivel A o Ángulo ϑ) indican el valor medido actual y no la posición del cursor en el diagrama o de la tabla!
- **Marchar a referencia**
 La medición actual es interrumpida y la plataforma giratoria marcha hacia la posición inicial hacia ±180°. Esto es necesario, por ejemplo, cuando se ha obstaculizado el camino libre del plato giratorio y el registro de la posición es erróneo.
- **Parar plataforma**
 Detiene la plataforma giratoria. Es posible efectuar mediciones estáticas, por ejemplo, para la determinación de la ganancia en la antena. Un mando paso a paso de la plataforma puede hacerse mediante las teclas cursoras.

Soluciones de problemas

Si no se visualizan valores de la medición, esto puede tener diferentes causas:

- Puerto serie no es correcto.
- Cable de conexión falso: Utilice sólo el cable suministrado (1:1).
- Se ha seleccionado un dispositivo incorrecto: verifique el número de catálogo del dispositivo con la información en el cuadro de diálogo.

Ejemplos de ensayos

Los ejemplos de ensayos se subdividen en cinco áreas:

- STM (Módulos de enseñanza de las ciencias)
- Física
- Química
- Biología
- Técnica

Tenga presente que se puede imprimir los ejemplos de ensayos o colecciones enteras de los mismos.

STM (Módulos de Enseñanza de las Ciencias)

Los ejemplos de ensayos de los módulos de enseñanza de las ciencias STM (Science Teaching Modules) le ayudan a implementar CASSY. Los datos de la medición o la configuración de los ejemplos pueden ser cargados directamente en CASSY Lab. Haga un clic sobre el cuadradito ■ en las descripciones. Los nuevos ejemplos están marcados con un • rojo.

Versiones del docente

Las versiones del docente pueden cargar los ejemplos con los datos de la medición y proponen también las respuestas. Para ello instale la ayuda STM por separado. Si todavía no la ha instalado, tómela del CD-ROM de CASSY Lab. Posteriormente usted podrá instalar las futuras versiones de la ayuda STM desde Internet.

Los textos marcados en rojo en las versiones del docente no están presentes en las versiones del alumno.

Mecánica

- P1.3.1.3 Movimiento uniformemente acelerado - Diagrama Recorrido vs. Tiempo

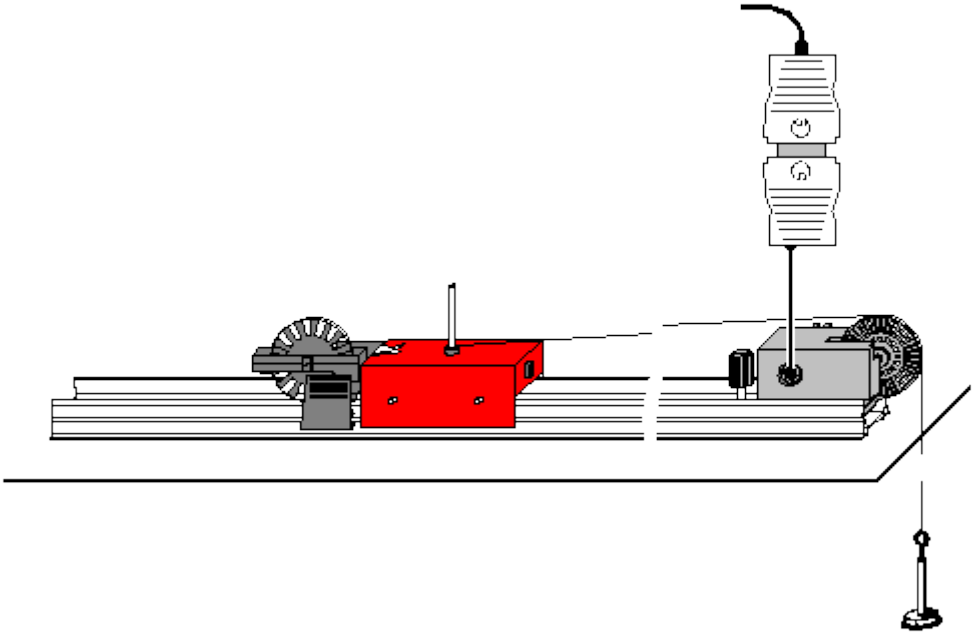
Electricidad

- Ley de Ohm
- P3.2.3.1a Conexión en serie de resistencias
- P3.2.3.1b Conexión en paralelo de resistencias
- P3.2.3.2 Ajuste de la tensión con un potenciómetro
- P3.2.3.3 Principio del puente de Wheatstone

Física atómica y nuclear

- Efecto de la distancia entre la fuente de radiación y el tubo contador sobre la tasa de conteo

Movimiento uniformemente acelerado - Diagrama Recorrido vs. Tiempo



Tarea

Estudie el movimiento de un carrito accionado por una masa que cuelga de una polea de desvío.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSYs	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Timer S	524 074
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Adaptador de barrera luminosa multiuso para carril de alumnos	337 465
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Riel metálico de precisión, 1 m	460 81
1	Carro para mediciones, 85 g	337 00
1	Juego de pesas de impulsión	337 04
1	Sedal	200 70 322
1	Polea simple con jinetillo	337 14
	alternativa: 1 jinetillo con pinza	460 95
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Corte aprox. 80 cm de sedal y haga dos lazos en los extremos. El sedal debe ser lo suficiente largo como para que la masa colgante llegue justo antes de tocar el suelo cuando el carrito se encuentre al final del carril.
- Mueva el carrito sobre el carril hasta que la masa colgante justo no llegue a tocar la polea desvío. Como punto inicial del carrito sujete la polea simple de desvío con jinetillo (o un jinetillo con pinza) al riel metálico de precisión.
- En primer lugar cuelgue la masa del plato (5,2 g).

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Empuje el carrito hacia el punto de inicio y sujételo, en la ventana Ajustes Recorrido s1 fije el cero accionando el botón **—> 0 <—**. Inicie la medición accionando la tecla **F9** o el botón y suelte el carrito.

- Coloque las masas adicionales (cada una de 5 g) sobre el plato y repita la medición.

Evaluación

- ¿Qué es lo que se midió en el experimento (véase la tabla o diagrama)?

- ¿Qué se ha representado en el diagrama?

- ¿Cómo se comportan las diferencias de recorrido en los intervalos de tiempo?

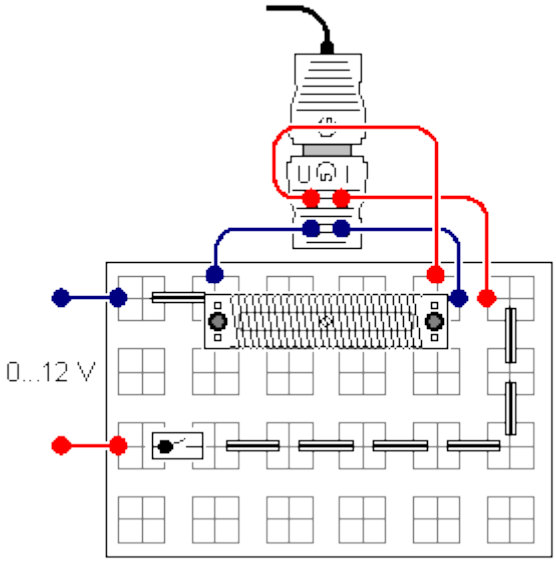
- ¿Qué tipo de curva describen los valores medidos? Sospecha:

- Confirme su sospecha con la curva respectiva haciendo un ajuste.
- ¿Cuál es la relación que existe entre el recorrido *s* y el tiempo *t*?

- En la hoja **Verificación** represente los ejes haciendo un clic con la tecla derecha del ratón. Luego determine el factor de proporcionalidad haciendo un ajuste de recta por origen. Para los tres movimientos se cumple:

- ¿En general cómo se puede describir el movimiento matemáticamente (ecuación de movimiento)?

Ley de Ohm



Tarea

Determine la relación que existe entre la tensión aplicada *U* y la intensidad de corriente *I* en un conductor por donde fluye corriente.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor UIP S	524 0621
1	Tablero de conexiones	576 74
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Placa de bobinado de alambre	567 18
1	Conmutador STE, on-off	579 13
1	Alambre de cromo-níquel,	
0	,25 mm, aprox. 200 cm de largo	de 550 46
1	Resistencia STE de 100 Ω	577 32
3	Cables, rojos, 25 cm	500 411
3	Cables, azules, 25 cm	500 412
1	Fuente de tensión, 0 a 12 V, regulable	por ej. 521 230
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Enrolle el alambre de cromo-níquel en la placa de bobinado. Al mismo tiempo realice el contacto eléctrico con los conectores mediante tornillos.
- Monte el circuito según el bosquejo. El conmutador debe estar abierto al principio.
- Para la medición de la tensión e intensidad de corriente conecte los cables al sensor UIP según el bosquejo.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Cierre el circuito con el conmutador. Guarde el primer valor para *U* = 0 V accionando la tecla **F9** o haciendo un clic sobre .
- Ajuste las diferentes tensiones (3 V, 6 V, 9 V y 12 V) en la fuente de alimentación y guarde cada vez los valores medidos.

Nota: Con cada valor deje fluir la corriente sólo por corto tiempo para que la resistencia no aumente por el calentamiento del alambre y esto altere el resultado de la medición.

- Reemplace la placa de bobinado en el circuito por la resistencia STE de 100 Ω y dos conectores puente.
- En la ventana Parámetro de medición (por ej. accionando la tecla **F5**) haga un clic en la casilla de verificación **Adjuntar nueva serie de medición**.
- Repita el ensayo con la resistencia STE de 100 Ω.

Evaluación

- Se cumple: Cuanto mayor es la tensión *U*,

- ¿Cómo cambia la intensidad de corriente *I* que fluye por un alambre cuando se duplica la tensión *U*?

- En la representación gráfica (diagrama) haga un ajuste con recta para las dos series de medición. ¿Dónde se encuentran los valores medidos?

- ¿Qué relación existe entonces entre la tensión *U* y la intensidad de corriente *I* en los dos ensayos?

- La resistencia eléctrica *R* está definida como el cociente de *U* sobre *I*:

 $R = \frac{U}{I}$

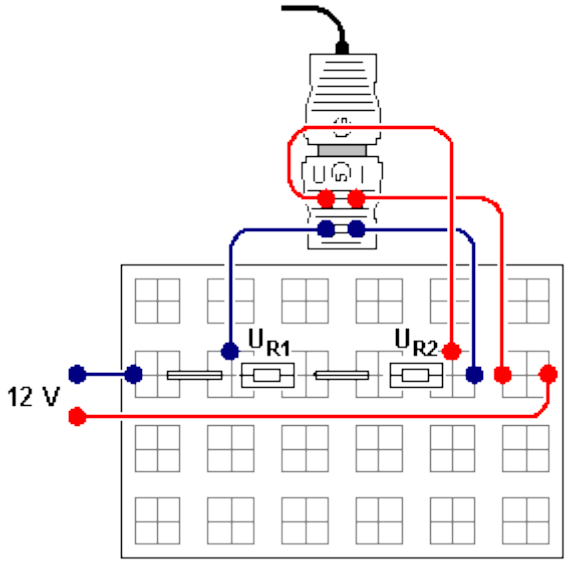
 La unidad de la resistencia eléctrica es Ω (Ohm):

 $[R] = \Omega = \frac{V}{A}$

 ¿Qué es lo que se cumple para las dos resistencias empleadas?

- ¿Cuán grande es la resistencia del alambre de cromo-níquel y la resistencia STE?

Conexión en serie de resistencias



Tarea

Mida las tensiones U_0, U_{R1}, U_{R2} y la corriente I_0 en dos resistencias R_1 y R_2 conectadas en serie y determine la relación entre R_1, R_2 y la resistencia total R_0.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor UIP S	524 0621
1	Tablero de conexiones	576 74
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Resistencia STE de 220 Ω	577 36
1	Resistencia STE de 330 Ω	577 38
1	Resistencia STE de 470 Ω	577 40
1	Resistencia STE de 1 kΩ	577 44
3	Cables, rojos, 25 cm	500 411
3	Cables, azules, 25 cm	500 412
1	Fuente de tensión, 0...12 V, regulable	por ej. 521 230
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Monte un circuito para una combinación de resistencias, por ejemplo 220 Ω/330 Ω, tal como se muestra en el esquema.
- Para la medición de la tensión U_0 y de la intensidad de corriente I_0 conecte el cable al sensor UIP S como en el esquema.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Ajuste una tensión de unos 12 V en la fuente de alimentación.
- Mida la tensión U_0 y la intensidad de corriente I_0. Arrastre los valores medidos con el ratón desde los instrumentos indicadores *U* e *I* hacia la tabla ya preparada (función drag & drop).
- Conecte el cable para la medición de tensión U_{R1} (véase el esquema) y mida la tensión U_{R1}. Arrastre el valor medido con el ratón desde el instrumento indicador *U* hacia la tabla ya preparada e ingrese manualmente el valor de la resistencia R_1.
- Conecte el cable para la medición de tensión U_{R2} (véase el esquema) y mida la tensión U_{R2}. Arrastre el valor medido con el ratón desde el instrumento indicador *U* hacia la tabla ya preparada ingrese manualmente el valor de la resistencia R_2.

- Repita el ensayo con otras combinaciones de resistencias.

Evaluación

Para la evaluación del ensayo está disponible la tabla ya preparada **Evaluación**, con la que puede verse con claridad las relaciones entre las tensiones U_0, U_{R1}, U_{R2} y las resistencias R_0, R_1, R_2.

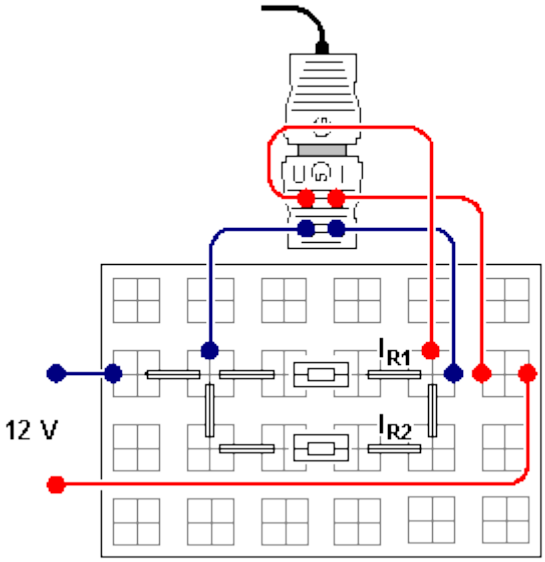
- La corriente que fluye por las resistencias conectadas en serie R_1 y R_2 es:

- ¿Cuál es la relación que existe entre las tensiones U_{R1} y U_{R2} y la tensión total U_0?

- ¿Cuál es la relación que existe entre la razón de las resistencias R_1 y R_2 y la razón de las tensiones U_{R1} y U_{R2}?

- ¿Cuál es la relación que existe la resistencia total $R_0 = U_0/I_0$ y las resistencias R_1 y R_2?

Conexión en paralelo de resistencias



Tarea

Mida la tensión U_0 y las corrientes I_0, I_{R1}, I_{R2} en dos resistencias conectadas en paralelo R_1 y R_2 y determine la relación entre R_1 y R_2 y la resistencia total R_0.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor UIP S	524 0621
1	Tablero de conexiones	576 74
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Resistencia STE 220 Ω	577 36
1	Resistencia STE 330 Ω	577 38
1	Resistencia STE 470 Ω	577 40
1	Resistencia STE 1 kΩ	577 44
3	Cables, rojos, 25 cm	500 411
3	Cables, azules, 25 cm	500 412
1	Fuente de tensión, 0...12 V, regulable	por ej. 521 230
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Monte un circuito para una combinación de resistencias, por ejemplo 220 Ω/330 Ω, tal como se muestra en el esquema.
- Para la medición de la tensión U_0 y de la intensidad de corriente I_0 conecte el cable al sensor UIP S como en el esquema.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Ajuste una tensión de unos 12 V en la fuente de alimentación.
- Mida la tensión U_0 y la intensidad de corriente I_0. Arrastre los valores medidos con el ratón desde los instrumentos indicadores *U* e *I* hacia la tabla ya preparada (función drag & drop).
- Conecte el cable para la medición de la intensidad de corriente I_{R1} (véase el esquema, vuelva a conectar el conector puente) y mida la intensidad de corriente I_{R1}. Arrastre el valor medido con el ratón desde el instrumento indicador *I* hacia la tabla ya preparada e ingrese manualmente el valor de la resistencia R_1.
- Conecte el cable para la medición de la intensidad de corriente I_{R2} (véase el esquema, vuelva a conectar el conector puente) y mida la intensidad de corriente I_{R2}. Arrastre el valor medido con el

ratón desde el instrumento indicador *I* hacia la tabla ya preparada e ingrese manualmente el valor de la resistencia R_2.

- Repita el ensayo con otras combinaciones de resistencias.

Evaluación

Para la evaluación del ensayo está disponible la tabla ya preparada **Evaluación**, con la que puede verse con claridad las relaciones entre las tensiones I_0, I_{R1}, I_{R2} y las resistencias R_0, R_1, R_2.

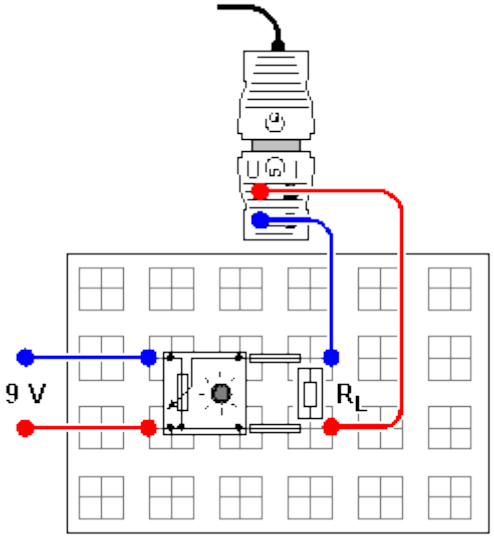
- Las tensiones U_{R1} y U_{R2} en las resistencias R_1 y R_2 son iguales a la

- ¿Cuál es la relación que existe entre las intensidades de corriente I_{R1} e I_{R2} y la intensidad de corriente total I_0?

- ¿Cuál es la relación que existe entre la razón de las resistencias R_1 y R_2 y la razón de las intensidades de corriente I_{R1} y I_{R2}?

- ¿ Cuál es la relación que existe entre la resistencia total $R_0 = U_0/I_0$ y las resistencias R_1 y R_2?

Ajuste de la tensión con un potenciómetro



Tarea

Mida la tensión parcial U_1 en el potenciómetro en un estado sin corriente, sin carga, para diferentes posiciones del potenciómetro.

Mida la tensión parcial U_1 en el potenciómetro en función de la posición del potenciómetro para diferentes resistencias de carga R_L y compárela con la medición en estado sin carga (R_L permanece constante en cada serie de medición).

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor UIP S	524 0621
1	Tablero de conexiones	576 74
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Resistencia STE 47 Ω	577 28
2	Resistencia STE 100 Ω	577 32
1	Resistencia STE 150 Ω	577 34
1	Resistencia STE 470 Ω	577 40
1	Potenciómetro STE de 220 Ω, 3 W	577 90
2	Cables, rojos, 25 cm	500 411
2	Cables, azules, 25 cm	500 412
1	Fuente de tensión, 0...15 V, regulable	por ej. 521 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el circuito tal como se muestra en el esquema y conecte el sensor UIP para la medición de la tensión. Todavía no conecte la resistencia de carga R_L.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Aplique una tensión total de unos 9 V.
- Ingrese la tensión U_1 en la tabla preparada para diferentes posiciones del potenciómetro con R_L = ∞ (es decir, sin carga) accionando la tecla **F9** cada vez o haciendo un clic sobre el botón y escriba también la posición correlativa del potenciómetro en la columna P_N.
- Antes del registro de una serie de medidas con otra resistencia de carga active cada vez la opción **Adjuntar nueva serie de medición** en la ventana Parámetro de medición (por ej. pulsando **F5**).

- Coloque la resistencia STE R_L = 470 Ω en el circuito e inicie el registro de una nueva serie de medidas para un potenciómetro cargado.
- Repita el ensayo con otras resistencias de carga R_L = 100 Ω, 47 Ω.

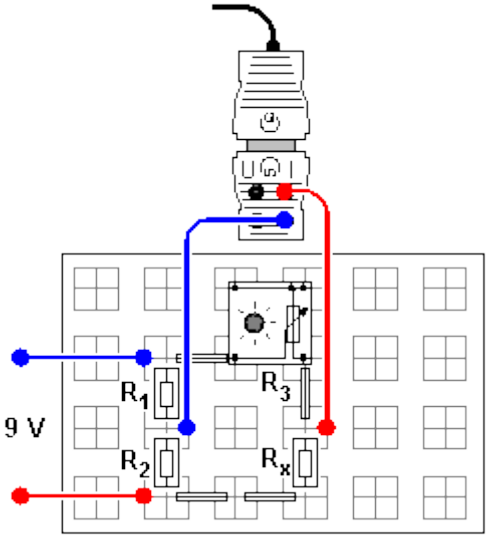
Evaluación

- ¿Cuál es la relación entre la tensión parcial U_1 y la resistencia R_1en el caso del potenciómetro sin carga?

- ¿Qué sucede cuando se carga al potenciómetro con una resistencia R_L?

- ¿Dónde se espera que aparezca la curva de los datos tomados cuando el potenciómetro ha sido cargado con una resistencia R_L < 47 Ω?

Principio del puente de Wheatstone



Tarea

Para determinar una resistencia "desconocida" R_x se debe variar una resistencia variable R_3 (Potenciómetro) en el puente de medición hasta que no fluya más corriente entre los dos brazos del puente.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor UIP S	524 0621
1	Tablero de conexiones	576 74
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Resistencia STE 220 Ω	577 36
2	Resistencia STE 330 Ω	577 38
1	Resistencia STE 470 Ω	577 40
1	Resistencia STE 1 kΩ	577 44
1	Potenciómetro STE de 1 kΩ, 1 W	577 92
	ó potenciómetro de 10 vueltas, 1 kΩ, 2 W	577 93
2	Cables, rojos, 25 cm	500 411
2	Cables, azules, 25 cm	500 412
1	Fuente de tensión, 0...15 V, ajustable	por ej. 521 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el circuito para la combinación de resistencias R_1 = 1 kΩ / R_2 = 470 Ω tal como se muestra en el esquema y conecte el sensor UIP para la medición de la intensidad de corriente.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- En caso necesario ponga la indicación de la intensidad de corriente a **—> 0 <—** en Ajustes I1.
- Aplique una tensión de unos 9 V.
- Ajuste el potenciómetro para una resistencia seleccionada R_x (por ej. 330 Ω) de tal forma que entre los dos brazos del puente no fluya corriente I_1 alguna.
- Lea el valor de la resistencia ajustada R_3 e ingréselo en la tabla ya preparada. El valor de la resistencia R_3 puede ser estimado si se usa el potenciómetro STE de 1 kΩ a partir de la posición del botón giratorio: el tope izquierdo corresponde aproximadamente a 1 kΩ.
- Repita la medición con otras resistencias R_x.

Evaluación

- ¿Qué relación existe entre las razones de las resistencias de los brazos del puente cuando no fluye corriente entre los dos brazos ($I_1 = 0$)?

- ¿Cómo se determina R_x, cuando las resistencias R_1, R_2 y R_3 son conocidas?

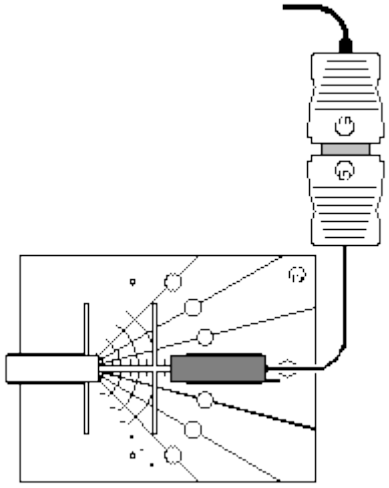
- ¿Qué relación existe entre las tensiones U_1 y U_3 o entre U_2 y U_x que caen a través de las 4 resistencias R_1 y R_3 o R_2 y R_x cuando el puente está en equilibrio ($I_1 = 0$)?

- ¿Que influencia ejerce la tensión aplicada U sobre la determinación de la resistencia R_x cuando el puente está en equilibrio ($I_1 = 0$)?

Nota

Naturalmente la resistencia R_x también se puede determinar con la caída de tensión U para una corriente I que fluye por la resistencia, es decir mediante $R_x=U/I$. Esto presupone que se puede despreciar la resistencia interna del aparato de medición, que en la mayoría de casos se cumple. Al usar el puente de Wheatstone ya no es necesario tener en consideración la resistencia interna del aparato de medición de la intensidad de corriente, ya que no fluye corriente alguna. Si se conoce con exactitud las otras tres resistencias, este método es una alternativa para determinar con precisión la cuarta resistencia.

Efecto de la distancia entre la fuente de radiación y el tubo contador sobre la tasa de conteo



Cargar ejemplo

Tarea

Aumente paso a paso la distancia *d* entre la fuente de radiación y el tubo contador y mida cada vez la tasa de conteo *R*.

Equipo requerido

1	Pocket-CASSY	524 006
1	CASSY Lab	524 200
1	Tubo contador GM S	524 0331
1	Placa de experimentación RAD	309 00 372
1	Juego de 2 soportes para tubo contador y preparado	308 01 356
1	Preparado de Ra226 3,3 kBq	559 430
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad al manipular preparados radiactivos (véase las instrucciones de servicio 559 430). En particular, sólo saque el preparado del recipiente de protección sólo por el tiempo que dura el ensayo, no ponga la abertura de salida de radiación cerca de los ojos y no la toque.
- Fije el tubo contador y el preparado de Ra226 en la placa de experimentación RAD de tal forma que se encuentren a una distancia de 2 cm uno de otro.
- Retire la tapa de protección del tubo contador.

Nota: No toque la ventana de incidencia con un dedo o al preparado, ya que es muy delgada y puede dañarse fácilmente.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Ingrese la distancia 2 en la columna d/cm de la tabla. Inicie la medición pulsando la tecla **F9** o el botón . Tan pronto como la medición se realice el valor de la tasa de conteo *R* ingresa automáticamente en la tabla.
- Repita el ensayo paso a paso con distancias mayores. Con tal propósito aumente la distancia cada vez en 1 cm hasta alcanzar los 10 cm.
- Ponga nuevamente el preparado de Ra226 en el recipiente protector.
- En la ventana Parámetro de medición haga un clic sobre **Adjuntar nueva serie de medición**.
- Realice el ensayo sin preparado para determinar la tasa nula que da la radiación de fondo.

- Después de realizado el ensayo ponga nuevamente y con cuidado la tapa de protección en el tubo contador, al mismo tiempo no cierre por ningún motivo la abertura en la tapa de protección ya que sirve para compensar la presión.

Evaluación

- ¿Cuál es la diferencia entre la cantidad N_1 y la tasa de conteo R?

- ¿Cómo varía la tasa de conteo R con la distancia d entre el preparado y el tubo contador?

- ¿Sobre qué tipo de curva se encuentran los valores medidos? Sospecha:

- Confirme su sospecha con la curva respectiva realizando un ajuste.
- ¿En consecuencia, cuál es la relación entre la tasa de conteo R y la distancia d?

- ¿Qué medida de protección resulta de ello para cuando se tiene que manipular material radiactivo?

- ¿Cuán grande es la tasa de conteo R_0?

- ¿Con este preparado a qué distancia se tendrá una radiación adicional que sea del orden de la radiación de fondo? Haga un zoom de la curva medida para poder leer el valor.

Ejemplos de ensayos en Física

Los ejemplos de ensayos le ayudan a implementar CASSY Lab. También se indica la numeración respectiva del Catálogo principal de Experimentos de Física. Los datos de las mediciones o los ajustes de los ejemplos pueden ser cargados directamente a CASSY Lab. Simplemente haga un clic sobre el símbolo en las descripciones. Los nuevos ejemplos están marcados con un • rojo.

Mecánica

- Movimientos uniformes entre dos barreras luminosas
- Movimientos acelerados entre imán de retención y barrera luminosa
- P1.3.2.3a Movimientos con la rueda de radios (Definición del Newton)
- P1.3.3.4-6 Movimientos con el carril con cojín de aire (Ecuación de movimiento de Newton)
- P1.3.4.1-2ab Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía (Choques)
- Conservación de la cantidad de movimiento mediante la medición del movimiento del centro de gravedad (Choques)
- Acción=Reacción mediante la medición de aceleraciones (Choques)
- P1.3.5.3 Caída libre con la escalera g
- Caída libre con la escalera g (con generación de modelo)
- P1.4.1.2 Movimientos giratorios (Ecuación de movimiento de Newton)
- P1.4.2.1-2 Momentum angular y la conservación de la energía (Choque giratorio)
- Fuerza centrífuga (Brazo giratorio para fuerza centrífuga)
- P1.4.3.3 Fuerza centrífuga (Aparato para fuerza centrífuga)
- Oscilaciones de un péndulo rígido
- Oscilaciones de un péndulo rígido (con pesa)
- Oscilaciones de un péndulo rígido (con generación de modelo)
- Dependencia del periodo de un péndulo rígido respecto de la amplitud
- Determinación de la aceleración de la gravedad con un péndulo reversible
- Péndulo con aceleración de la gravedad g variable
- P1.5.2.1 Oscilaciones armónicas de un péndulo de resorte
- P1.5.2.2 Dependencia del periodo de un péndulo de resorte respecto a su masa
- Oscilaciones de un péndulo de resorte (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de un sólido (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de lubricante (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción laminar de líquido (con generación de modelo)
- Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción turbulenta de líquido / aire (con generación de modelo)
- P1.5.4.4 Péndulos acoplados con dos generadores tacométricos
- Péndulos acoplados con dos sensores de giro
- P1.7.1.3 Pulsaciones acústicas
- P1.7.2.1 Oscilaciones de una cuerda
- P1.7.3.3 Velocidad del sonido en el aire
- Velocidad del sonido en el aire con dos micrófonos
- P1.7.3.4 Velocidad del sonido en gases
- P1.7.3.5 Velocidad del sonido en sólidos
- P1.7.7.1 Análisis de Fourier de señales simuladas
- P1.7.7.2 Análisis de Fourier de señales de un generador de funciones
- P1.7.7.4 Análisis del sonido
- Síntesis del sonido

Calor

- P2.3.3.2 Transformación de energía mecánica en energía térmica
- P2.3.4.3 Transformación de energía eléctrica en energía térmica
- P2.6.2.4 Diagrama pV de un motor de aire caliente

Electricidad

- P3.1.2.3 Ley de Coulomb
- P3.3.3.3 Fuerza en un campo magnético de una bobina sin núcleo
- P3.3.3.2 Fuerza en un campo magnético de un electroimán
- P3.3.3.4 Fuerza entre conductores con corriente (Definición del Amperio)
- P3.4.1.1 Transitorio de tensión (Ley de inducción de Faraday)
- P3.4.3.1-2 Inducción causada por un campo magnético cambiante
- P3.4.5.3 Registro dependiente del tiempo de tensión y corriente de un transformador
- P3.4.5.4 Transmisión de potencia de un transformador
- Potencia de consumidores con tensión alterna de red
- Carga y descarga de un condensador
- Carga y descarga de un condensador (con generación de modelo)
- Carga y descarga de un condensador pequeño (Capacitancias de cables)
- Circuito oscilatorio amortiguado
- Circuito oscilador amortiguado (con generación de modelo)
- P1.7.7.3 Circuitos oscilatorios acoplados
- Oscilaciones forzadas (Resonancia)
- Oscilaciones forzadas (con generación de modelo)
- Filtro RLC (Paso bajo, paso alto, pasabanda)
- Filtro paso bajo (con generación de modelo)
- Filtro paso alto (con generación de modelo)

Electrónica

- P4.1.2.1 Curvas características de una lámpara incandescente
- Curva característica de un diodo
- Curvas características de un transistor
- D3.4.7.7a Características de una célula solar
- Control de temperatura
- Control de iluminación
- Control de tensión

Óptica

- P5.3.1.4 Difracción en ranura simple
- P5.3.1.5 Difracción en ranuras múltiples
- P5.5.1.2a Ley cuadrática de la distancia para la luz
- P5.6.3.3 Velocidad de la luz en el aire
- P5.6.3.4 Velocidad de la luz en diferentes materiales

Física atómica y nuclear

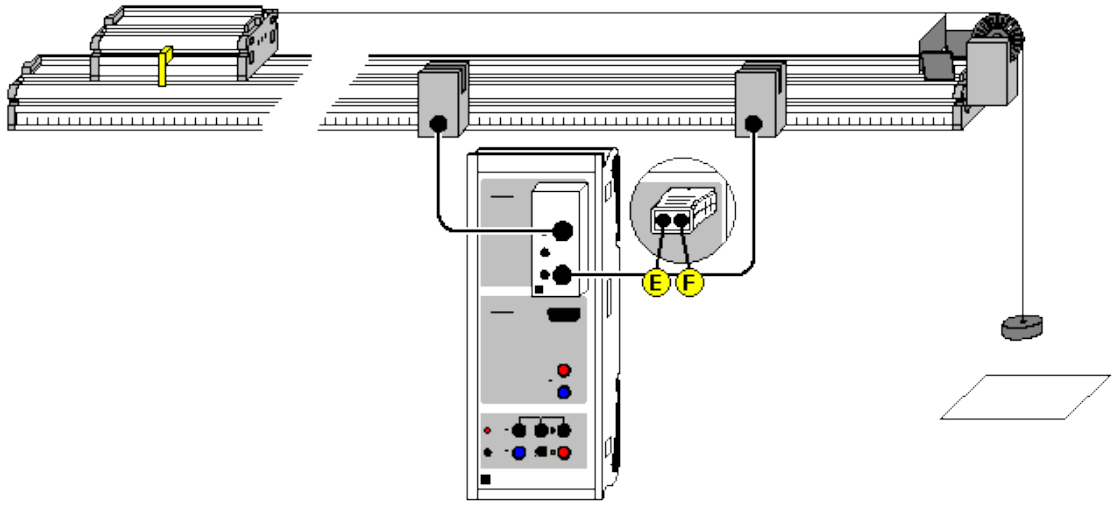
- P6.1.2.3-4 Experimento de Millikan
- P6.2.4.2 Experimento de Franck-Hertz con mercurio
- P6.2.4.4 Experimento de Franck-Hertz con neón
- P6.3.5.4 Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas K)
- P6.3.5.5 Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas L)
- P6.3.5.6 Reflexión de Bragg resuelta en energía en diferentes órdenes de difracción
- P6.3.7.2 Efecto Compton con rayos X
- P6.4.2.1 Distribución de Poisson
- P6.4.3.2 Vida media del radón
- P6.5.4.1 Espectroscopia α en muestras radioactivas (Am-241)
- P6.5.4.2 Determinación de la pérdida de energía de radiación α en el aire
- P6.5.4.3 Determinación de la pérdida de energía de radiación α en aluminio y oro
- P6.5.4.4 Determinación de la edad en una muestra de Ra-226
- P6.5.5.1 Detección de radiación γ con un contador de centelleo (Cs-137)
- P6.5.5.2 Registro y calibración de un espectro γ
- P6.5.5.3 Absorción de rayos γ
- P6.5.5.4 Identificación y determinación de la actividad de muestras radioactivas débiles

- P6.5.5.5 Registro de un espectro β con un contador de centelleo
- P6.5.6.1 Observación cuantitativa del efecto Compton
- Registro del espectro γ complejo del Ra-226 y sus productos de decaimiento
- Registro del espectro γ complejo de una camiseta de alumbrado
- P6.5.5.6 Coincidencia y correlación angular γ-γ en el caso de decaimiento de positrones
- Mediciones con el analizador monocanal

Física del estado sólido

- P7.2.2.1-2 Conducción eléctrica en sólidos
- P7.3.2.1 Histéresis del hierro de un transformador
- P7.5.1.1 Análisis no destructivo de compuestos químicos (Fluorescencia de rayos X)
- P7.5.1.2 Determinación de la composición química de una muestra de latón (Fluorescencia de rayos X)

Movimientos uniformes entre dos barreras luminosas



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se miden los tiempos t que emplea un carrito para recorrer diferentes recorridos con velocidad constante v al pasar entre dos barreras luminosas. Aquí se lee el recorrido s en una regla colocada directamente en el carril y se traza el diagrama s(t) del movimiento.

Además, se calculan las velocidades medias $v_m = s/t$ y se las representa en un diagrama $v_m(t)$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Carril	337 130
1	Carrito para carril	337 110
1	Portapesas	315 410
4	Pesas ranuradas	315 418
2	Barreras luminosas multiuso	337 462
1	Soporte para rueda de radios	337 463
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Sedal	309 48
2	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Ambas barreras luminosas deben ser montadas sobre el carril de tal manera que sean interrumpidas por el paso de la bandera de interrupción del carrito. Conecte a las barreras luminosas a las entradas E y F de la unidad y el Timer a la entrada A del Sensor-CASSY. La dirección de movimiento va siempre de la barrera luminosa en E a la barrera luminosa en F.

Para alcanzar una velocidad constante entre ambas barreras luminosas se debe compensar la fricción inclinando muy levemente el carril.

Antes de cada medición el carrito debe ser acelerado a una velocidad constante reproducible. Con tal propósito éste deberá ser acelerado desde una posición fija utilizando una pesa impulsora, la cual deberá ser detenida después de un corto recorrido con aceleración constante (por ej. posándose sobre una base) El carrito continuará en movimiento con velocidad constante.

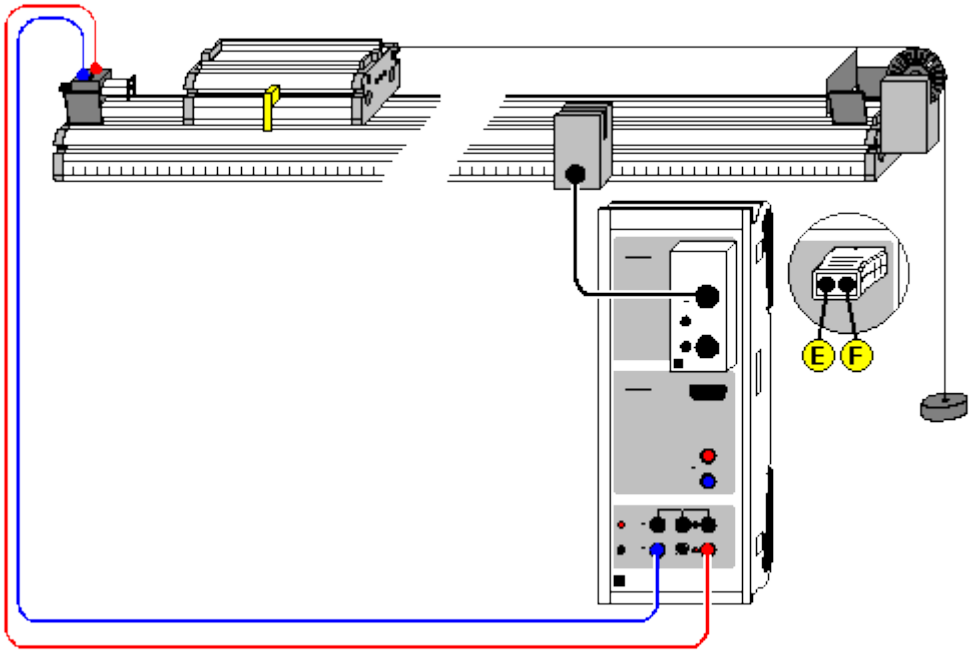
Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Acelere el carrito hasta la velocidad constante mediante el procedimiento arriba descrito y luego dejarlo pasar por ambas barreras luminosas.
- Guarde el valor medido con **F9**.
- Lea el recorrido s entre ambas barreras luminosas e incorpore este valor en la tabla – para ello haga un clic con el ratón sobre la respectiva celda en la tabla.
- Repita la medición para otros recorridos s acelerando el carrito nuevamente a la misma velocidad y haciéndolo pasar por ambas barreras luminosas, para luego guardar el valor medido con **F9**.

Evaluación

El diagrama s(t) de un movimiento uniforme es una recta. La pendiente de las rectas corresponde a la velocidad v y puede ser calculada por ej. mediante un ajuste con una recta. En la representación **Velocidad media** (hacer un clic con el ratón) se puede leer directamente los cocientes v_m = s/t respectivos.

Movimientos acelerados entre imán de retención y barrera luminosa



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se miden los tiempos t que emplea, un carrito sobre carril, para recorrer diferentes recorridos s entre un imán de retención y una barrera luminosa con una aceleración constante. Aquí se lee el recorrido s en una regla que está ubicada directamente en el carril y se traza el diagrama s(t) del movimiento.

Además se calculan las velocidades medias $v_m = s/t$ y se las representa en un diagrama $v_m(t)$.

Adicionalmente se determinan los tiempos de oscurecimiento Δt de la barrera luminosa que surgen debido a que la barrera luminosa es interrumpida por una bandera de ancho Δs. De aquí se puede determinar, en buena aproximación, las velocidades instantáneas $v = \Delta s/\Delta t$ en la posición de la barrera luminosa y representarlas en un diagrama v(t). Se muestra claramente la diferencia entre velocidad media y velocidad instantánea.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Carril	337 130
1	Carrito para carril	337 110
1	Portapesas	315 410
4	Pesas ranuradas	315 418
1	Imán de retención	683 41
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Soporte para rueda de radios	337 463
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Sedal	309 48
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La barrera luminosa debe ser montada de tal manera que sea interrumpida por la bandera de interrupción del carrito. Conecte las barreras luminosas a la entrada E de la unidad, mientras que el Timer debe conectarse a su vez a la entrada A del Sensor-CASSY. El imán de retención debe ser

alimentado con la tensión de salida S del Sensor-CASSY. Esta se desconecta simultáneamente con el inicio de la medición de tiempo desde el Sensor-CASSY.

Para obtener buenos resultados, se debe compensar la fricción inclinando el carril muy ligeramente.

Acelere el carrito con masa constante por la rueda de radios. Ajuste la tensión del imán de retención de tal manera que el carrito quede sujetado con la mínima fuerza posible.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si es necesario ajuste el tiempo de medición máximo en la ventana Parámetros de medición (actual 2 s).
- Sujete el carrito con el imán de retención.
- Inicie la medición con **F9** (el carrito arranca).
- Lea en la regla la distancia s entre el imán de retención y la barrera luminosa e introdúzcalo en la tabla, – para ello haga un clic con el ratón sobre la celda de la tabla.
- Repita la medición para otros recorridos s – sujete nuevamente el carrito con el imán de retención e inicie la medición con **F9**.

Evaluación

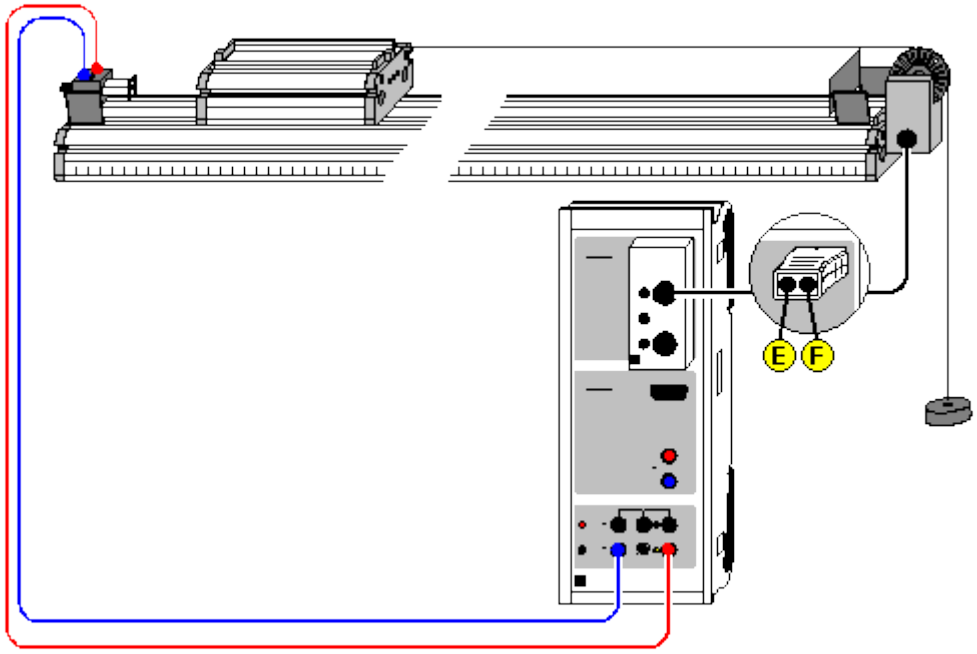
El diagrama s(t) de un movimiento uniformemente acelerado es una parábola. Esto puede ser verificado por ej. con un ajuste mediante una parábola.

La representación **Velocidad media** (hacer un clic con el ratón) muestra el aumento de la velocidad media v_m = s/t. Esta corresponde para un movimiento acelerado pero **no** a las velocidades instantáneas al mismo momento t.

Las velocidades instantáneas v se obtienen en buena aproximación a partir de los tiempos de oscurecimiento Δt de las barreras luminosas que son interrumpidas por la bandera de ancho Δs. Ambos comportamientos temporales de los tiempos de oscurecimiento y de las velocidades instantáneas pueden ser leídas de las respectivas representaciones (hacer un clic con el ratón).

Se muestra que el diagrama v(t) de un movimiento uniformemente acelerado es una recta. Las pendientes de las rectas corresponden a la aceleración constante a. Esta puede ser determinada por ej. mediante el ajuste con una recta.

Movimientos con la rueda de radios (Definición del Newton)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Aquí se estudian movimientos que pueden ser transmitidos mediante un hilo delgado sobre una rueda de radios. La rueda de radios sirve como una polea de fácil movimiento y sirve a la vez para medir el recorrido. Se registran las señales de la barrera luminosa producidas por las interrupciones de los radios de la rueda, las cuales son convertidas en un diagrama recorrido-tiempo. Como este diagrama surge simultáneamente en el transcurso del experimento, se produce una vinculación ilustrativa entre la evolución del movimiento y diagrama.

Con el mismo proceso de movimiento también se puede ilustrar el efecto de la aceleración de una masa m = 1 kg sometida a una fuerza F = 1 N. Como es de esperar la aceleración resultante "a" se determina tiene como resultado a = 1 m/s^2 (definición del Newton).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Carril	337 130
1	Carrito para carril	337 110
1	Masa de Newton	337 115
1	Imán de retención	683 41
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Sedal	309 48
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La rueda de radios multiuso sirve simultáneamente como polea de desvío y como generador de señales. Para tal fin la rueda de radios se sujeta a la barrera luminosa multiuso que está conectada a la entrada E de la unidad Timer conectada a su vez a la entrada A del Sensor-CASSY. Cada radio interrumpe la barrera luminosa y con ello causa que en cada centímetro se emita una señal al Sensor-CASSY. El imán de retención es alimentado por la tensión S de salida del Sensor-CASSY. Esta se desconecta simultáneamente con el inicio de la medición de tiempo desde el Sensor-CASSY.

Para conseguir una fuerza aceleradora de F = 1 N se debe seleccionar una masa impulsora de 102 g. Con ello la masa total aceleradora m es igual a 1 kg, y queda para el carrito (inclusive para las masas de reemplazo de las ruedas) una masa 898 g. Esto es posible con las masas adicionales para la definición del Newton.

Para alcanzar buenos resultados, se debe compensar la fricción inclinando levemente el carril.

Ajuste al mínimo la tensión del imán de retención de tal manera que el carrito todavía quede sujeto.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Eventualmente se tiene adaptar la parada de medición automática en los ajustes sA1 (actual 70 flancos para 0,7 m).
- Eventualmente se tiene adaptar el tiempo de medición máximo en la ventana Parámetros de medición (actual 2 s).
- Sujete el carrito con el imán de retención.
- Defina el punto cero del recorrido (**—> 0 <—** en Ajustes sA1).
- Inicie la medición con **F9** (el carrito arranca).
- La medición se detiene automáticamente después de un número prefijado de flancos.
- Si es necesario repita la medición para otras fuerzas aceleradoras F – para ello sujete nuevamente el carrito con el imán de retención, defina otra vez el punto cero e inicie la medición con **F9**.

Evaluación

El diagrama s(t) de un movimiento uniformemente acelerado es una parábola. Esto puede ser verificado por ej. con un ajuste con parábola.

La representación **Velocidad** (hacer un clic con el ratón) muestra las velocidades v(t) calculadas a partir de ella. Se muestra que el diagrama v(t) de un movimiento uniformemente acelerado es una recta. La pendiente de las rectas es la aceleración constante a. Esta puede ser determinada por ej. del ajuste con una recta.

En el ejemplo se ha utilizado una fuerza aceleradora F = 1 N y se ha seleccionado para la masa aceleradora m = 1 kg (definición del Newton). En este caso se obtiene una velocidad v de 1 m/s después de t = 1 s a partir del diagrama v(t). Además, la recta en el diagrama v(t) tiene la pendiente a = 1 m/s^2.

Nota

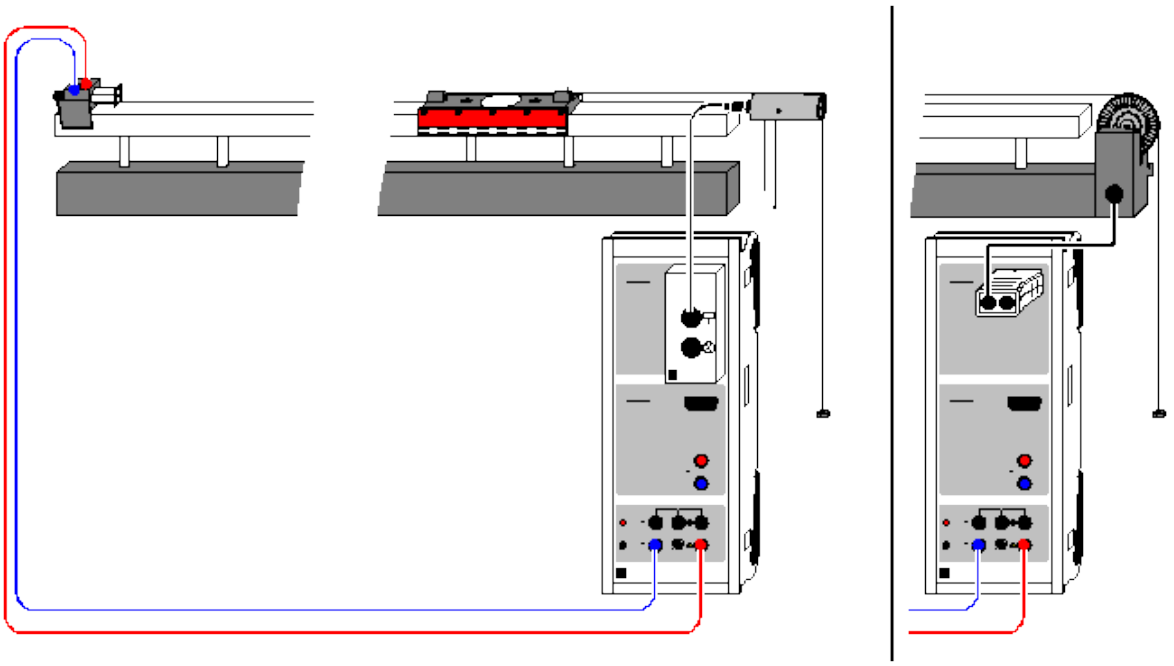
Los valores individuales de la velocidad v(i) se calculan mediante la expresión

v(i) = (s(i+1) – s(i-1)) / (t(i+1) – t(i-1))

Esta es la velocidad media en el intervalo [t(i-1),t(i+1)] y en primera aproximación la velocidad instantánea en el momento ½ (t(i-1) + t(i+1)), es decir, no en el momento t(i).

Esto ha sido tomado en cuenta en la representación v(t) por medio de un eje de tiempo apropiado ya convertido.

Movimiento sobre el carril con cojín de aire (Ecuación de movimiento de Newton)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un carrito de masa constante m es acelerado con diferentes fuerzas F. Del gráfico de las aceleraciones "a" calculadas en función de las fuerzas aceleradoras F resulta que F es proporcional a "a" (con m como factor de proporcionalidad) confirmándose de este modo la ecuación de movimiento de Newton F=m·a.

Alternativamente también se puede mantener constante a la fuerza aceleradora F y variar la masa m. Esto resulta m proporcional a 1/a (con F como factor de proporcionalidad).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad BMW	524 032
1	Sensor de movimiento	337 631
	o	
1	Timer S	524 074
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Carril con cojín de aire	337 501
1	Alimentación neumática	337 53
1	Unidad de ajuste de potencia	667 823
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Primeramente se pone en funcionamiento el carril con cojín neumático y se ajusta la tensión de alimentación del imán de retención de tal manera que el carrito justo quede sujeto. El carrito es acelerado con pesitas que cuelgan de un hilo de transmisión. El hilo de transmisión pasa por el sensor de movimiento, el cual debe ser conectado al Sensor-CASSY por medio de la hembrilla superior de la unidad BMW.

Las pesitas también son aceleradas y deben ser consideradas por ello dentro de la masa m acelerada. Si la masa m debe permanecer constante, entonces las pesitas que no cuelgan del hilo, deben colocarse sobre el carrito.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Introduzca la distancia de recorrido s_{A1} máxima transitable en la condición de medición de la ventana Parámetros de medición (aparece con **F5**) (actual **sA1 < 0,8** para 0,8 m).
- En caso necesario ajuste el intervalo de tiempo (actual 200 ms) en la ventana Parámetros de medición (aparece con **F5**) (un intervalo mayor tiene menos valores de medida y menos dispersión en a(t)).
- En caso dado invierta el signo de la medición de recorrido (**s <—> -s** en Ajustes sA1).
- Sujete el carrito con el imán de retención.
- Defina el punto cero del recorrido (**—> 0 <—** en Ajustes sA1)
- Inicie la medición con **F9** y deténgala con **F9**. Una medición incorrecta puede ser borrada de la tabla mediante **Borrar última serie de medición** (con la tecla derecha del ratón sobre la tabla).
- Repita la medición con diferentes parámetros (otra fuerza aceleradora u otra masa aceleradora). A tal efecto defina nuevamente el punto cero del recorrido.

Evaluación

Además de los diagramas s(t) se calculan los diagramas v(t) y a(t). Estos están disponibles en las otras páginas de representación y requieren que se haga sólo un clic con el ratón. Todas las evaluaciones las ofrecen el ajuste con parábola y con rectas y el cálculo del valor medio.

Para verificar la ecuación de movimiento de Newton se debe llenar otra tabla que ha sido preparada en la página Newton de la representación. Después de la determinación de un valor de aceleración como valor medio de un diagrama a(t) o de la pendiente de un diagrama v(t), éste valor puede ser arrastrado con el ratón desde la línea de estado hacia la tabla (función drag & drop). El parámetro Fuerza F o masa m se introduce directamente en la tabla por medio del teclado. Incluso durante la entrada de la tabla va trazándose el diagrama deseado. Los ejes pueden ser recalculados fácilmente o cambiados de escala después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón (por ej. a **—>** 1/a).

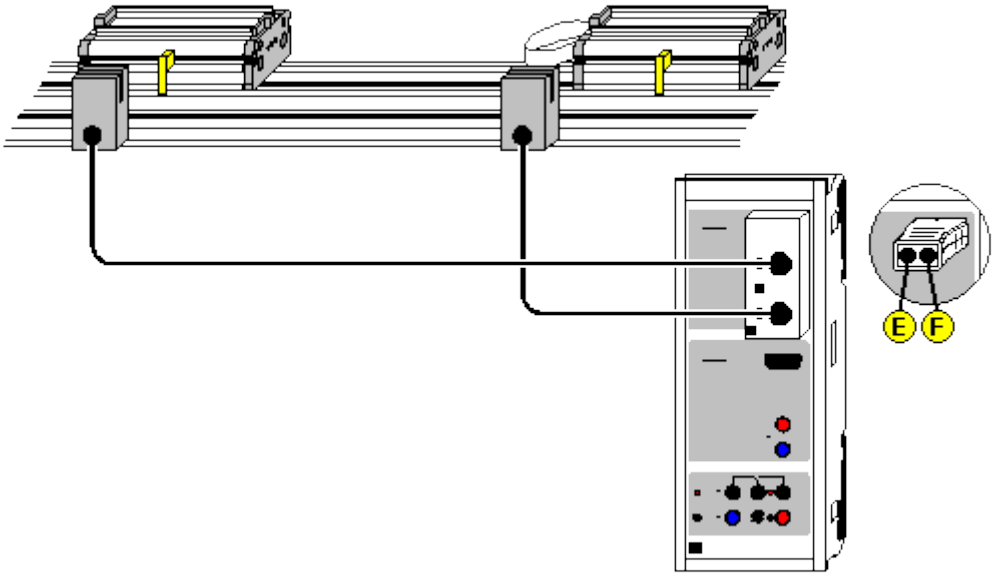
Como otra evaluación también es posible comparar por ej. la energía cinética con el trabajo realizado mediante fórmulas adicionales. La energía cinética es

E = **0.5*m*v^2** (escribir m como valor numérico)

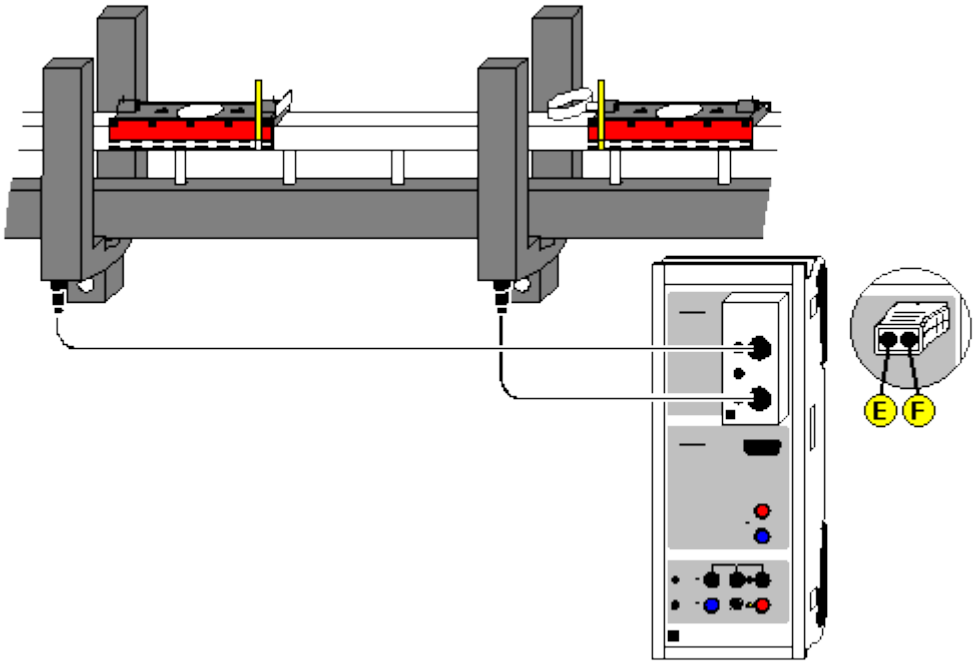
Y el trabajo realizado se calcula de

W = **F*sA1** (escribir F como valor numérico).

Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía (Choques)



Alternativa (con carril con cojín de aire):



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Sobre un carril se determina las velocidades v de dos carritos antes y después del choque entre ellos, a partir de los tiempos de oscurecimiento de dos barreras luminosas. De este modo se verifica la conservación de la cantidad de movimiento para el choque elástico e inelástico y la conservación de la energía para el choque elástico.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Carril	337 130
2	Carritos para carril	337 110
1	Par de masas adicionales	337 114
1	Muelle de colisión	337 112
2	Barreras luminosas multiuso	337 462
2	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (con carril con cojín de aire)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Carril con cojín de aire	337 501
1	Soporte para carril	337 45
1	Alimentación neumática	337 53
1	Unidad de ajuste de potencia	667 823
2	Barreras luminosas	337 46
2	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Primeramente se pone en funcionamiento al carril y se debe ubicar a las dos barreras luminosas (en las entradas E y F de la unidad Timer) de tal manera que el choque de ambos carritos ocurra en la zona **entre** las barreras luminosas. Las banderas de los carritos deberán interrumpir las a barreras luminosas al pasar por ellas.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Introduzca los valores de las masas m_1 y m_2 en la tabla (hacer un clic el campo bajo m_1 y m_2)
- Indique la disposición de los carritos antes de choque con relación a las barreras luminosas E y F (Ajustes v1, v2, v1´ ó v2´). Aquí tenemos cuatro disposiciones diferentes:
 ambos carritos se encuentran fuera de las barreras luminosas,
 el carrito izquierdo se encuentra entre ellas y el carrito derecho fuera,
 el carrito izquierdo se encuentra fuera y el carrito derecho entre ellas y
 ambos carritos se encuentra entre ellas (explosión).
- Introduzca el ancho de bandera (también Ajustes v1, v2, v1´ ó v2´)
- Realice el choque (en caso de que ya antes del choque se indiquen las velocidades, estas pueden ser borradas mediante **—> 0 <—**) y tener en cuenta que no se registre ningún impulso excedente de las barreras luminosas (por ej. debido a la reflexión de un carrito al final del carril).
- Finalice la medición mediante **Fin de choque** (después de medir cuatro velocidades la medición termina por si sola).
- Asuma los valores medidos en la tabla con **F9** para la evaluación o inicie la próxima medición con **—> 0 <—**.

Evaluación

Se han preparado páginas de tablas ad-hoc para las cantidades de movimiento antes y después del choque, la cantidad de movimiento total, energías, energía total y la pérdida de energía, en las que se introducirán los valores medidos con **F9**. Para la visualización se debe hacer un clic sobre las páginas de tablas. Si estas magnitudes tienen que ser visualizadas directamente después del choque, entonces los instrumentos indicadores respectivos tienen que ser abiertos.

Además se pueden definir fórmulas adicionales para hacer una comparación con la teoría. En el choque elástico se cumplen las ecuaciones:

v1´ = (2*m2*v2 + (m1-m2)*v1) / (m1+m2)

v2´ = (2*m1*v1 + (m2-m1)*v2) / (m1+m2)

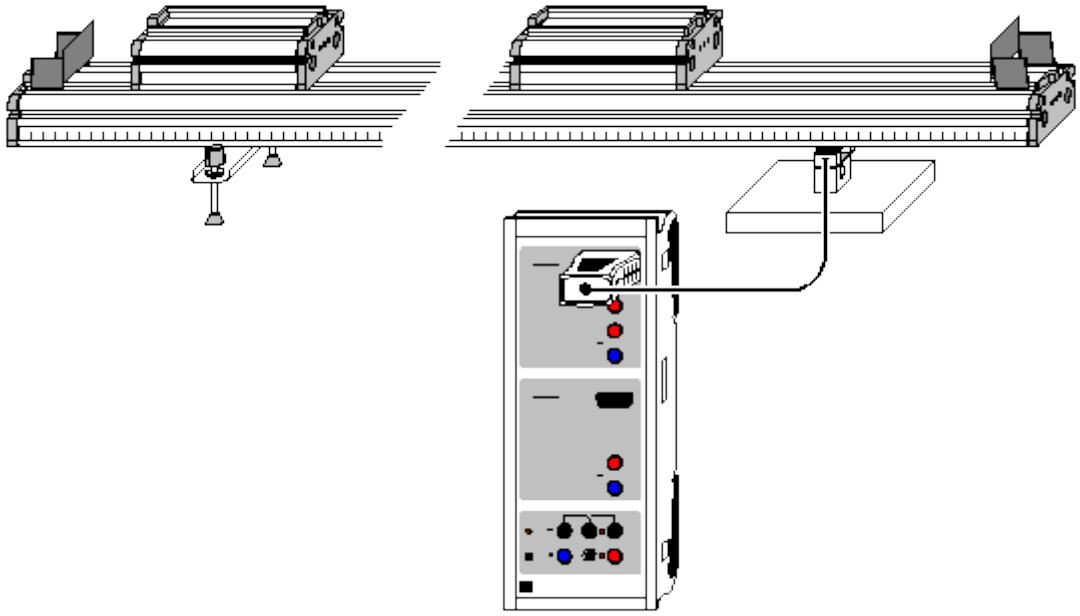
y para el choque inelástico:

v1´ = v2´ = (m1*v1 + m2*v2) / (m1+m2).

Tabla para la conversión entre unidades indicadas y las unidades del sistema internacional SI

Magnitud	Unidad SI =	Factor	· Unidad indicada
Masa m	kg	1	kg
Velocidad v	m/s	1	m/s
Cantidad de movimiento p	N·s = kg·m/s	1000	mN·s
Energía E	$J = kg \cdot m^2/s^2$	1000	mJ

Conservación de la cantidad de movimiento mediante la medición del movimiento del centro de gravedad (Choques)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se observa el movimiento del centro de gravedad durante el choque elástico o inelástico de dos carritos y se muestra en ambos casos que la velocidad del centro de gravedad durante todo el proceso de colisión permanece constante. De aquí se concluye directamente que la cantidad de movimiento se conserva durante todo el proceso de la colisión.

Principio de la medición

Sobre un carril se puede determinar el movimiento del centro de gravedad s de dos carritos que colisionan (de masas m_1 y m_2) de una manera simple a través de la fuerza F de apoyo sobre un sensor de fuerza.

Básicamente se observa la suma del par de giro M respecto al punto de apoyo izquierdo, pues la suma debe ser 0, ya que el carril se encuentra en reposo, esto es

$m_1 \cdot g \cdot s_1 + m_2 \cdot g \cdot s_2 + F \cdot d = 0$,

en donde d es la distancia entre ambos puntos de apoyo. El centro de gravedad s viene dado por

$s = (m_1 \cdot s_1 + m_2 \cdot s_2) / (m_1 + m_2)$.

De aquí resulta que

$s \cdot g/(m_1+m_2) + F \cdot d = 0$

ó

$s = -F \cdot d/(m_1+m_2)/g$.

De aquí que sea suficiente la medición de la fuerza de apoyo F para sacar una conclusión sobre el movimiento del centro de gravedad durante una colisión. Si s(t) es una línea recta, entonces esto significa que el centro de gravedad se mueve con una velocidad constante v, esto es

$v = (m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2) / (m_1+m_2) = p / (m_1+m_2) = \text{constante}$,

y con ello la cantidad de movimiento total p se conserva.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de fuerzas S, ±50 N	524 042
1	Carril	337 130
2	Carros	337 110
1	Par de masas adicionales	337 114
1	Muelle de colisión	337 112
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El sensor de fuerzas S se coloca en lugar del soporte derecho por debajo del carril, de tal forma que el carril siga encontrándose en posición horizontal o si se desea, se siga garantizando una buena compensación de la fricción. Como el sensor de fuerzas es algo más corto que el soporte, se debe rellenar por debajo.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ingrese las masas m_1 y m_2, así como la distancia d entre ambos puntos de apoyo en los instrumentos indicadores (haga un clic con la tecla derecha del ratón e ingréselos como parámetros). La masa total de un carro resulta de la suma de la masa del carro (0,5 kg) y en caso dado del muelle (0,01 kg) y de una masa adicional (0,5 kg).
- En los Ajustes FA1 ponga la fuerza a **—> 0 <—**; al mismo tiempo el centro de masa s también es puesto a 0.
- Inicie la medición con **F9**.
- Ejecute la colisión elástica o inelástica; la medición se detiene automáticamente después de 5 s.

Evaluación

La representación **Estándar** muestra el diagrama F(t) y la representación **Centro de masa** el diagrama respectivo s(t) (véase el principio de la medición).

Ambos diagramas muestran un curso lineal, incluso durante el tiempo que ocurre el propio choque. En el diagrama s(t) un ajuste con línea recta suministra la velocidad v del centro de masa y con ello la cantidad de movimiento total $p(t) = (m_1+m_2) \cdot v$ constante.

De la conservación de la cantidad de movimiento se deduce que

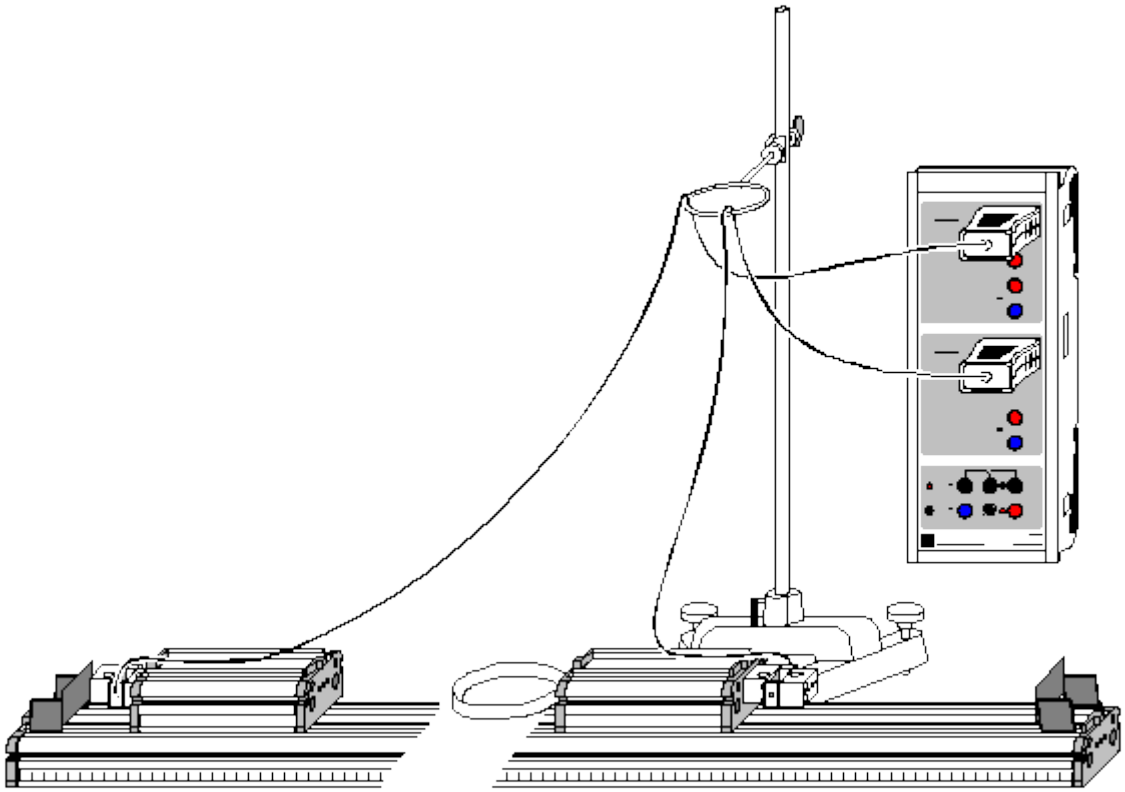
$0 = d/dt\ (p_1(t) + p_2(t)) = m_1 \cdot a_1(t) + m_2 \cdot a_2(t) = F_1(t) + F_2(t)$,

esto es

$F_1(t) = -F_2(t)$ ("Actio = Reactio"; Acción = Reacción).

Requisito para esta conclusión es el hecho que en todo el curso p(t) es constante, esto ocurre incluso durante el proceso de colisión. Sólo el hecho que la cantidad de movimiento total antes del choque es la misma que después del choque (por ej. mediante la medición con barreara luminosas) no es suficiente.

Acción=Reacción mediante la medición de aceleraciones (Choques)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se mide las aceleraciones $a_1(t)$ y $a_2(t)$ de ambos carritos durante un choque elástico. Se multiplica las aceleraciones medidas con las masas m_1 y m_2 para obtenerse las fuerzas $F_1(t)$ y $F_2(t)$. Se verifica que durante el choque $F_1(t) = -F_2(t)$.

Principio de la medición

Si se coloca el sensor de fuerzas de masa m sobre un carro de tal forma que la mitad del sensor -al que se ha sujetado la línea de alimentación- está montado fijamente al carro, la otra mitad de masa m/2 cuelga y puede moverse en el aire. Si uno acelera el carro, entonces la masa ejerce la fuerza de inercia $F=m \cdot a/2$. Esta fuerza es medida por el sensor de fuerzas y la convierte automáticamente en la aceleración a.

Después del ingreso de las masas aceleradas (Carro + Sensor de fuerzas + Muelle) el software calcula de ello ambas fuerzas $F_1(t) = m_1 \cdot a_1(t)$ y $F_2(t) = m_2 \cdot a_2(t)$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
2	Sensores de fuerza S, ±50 N	524 042
4	Enchufes de acoplamiento	340 89
1	Carril	337 130
2	Carros	337 110
1	Par de masas adicionales	337 114
1	Muelle de colisión grande	337 473
1	Base de soporte, en forma de V	300 02

1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Mordaza con anillo	301 10
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Los dos sensores de fuerzas deben ser sujetados cada uno con dos enchufes de acoplamiento en los lados exteriores del carro, de tal forma que las líneas de alimentación estén rígidas al carro y no sobresalgan por la mitad movible del sensor de fuerzas. Al mismo tiempo asegure las líneas de alimentación tal que durante el choque no se mueva en el sensor de fuerzas (por ej. asegúrela en el carro con cinta adhesiva). Además, acomode las líneas de manera que no obstaculicen al carro durante el choque.

El choque es capturado por el muelle grande de colisión que debe estar sujeto en uno de los carros en el lado interior. A propósito se ha propuesto el empleo del muelle grande de colisión para que el proceso de colisión dure más y pueda registrarse más datos durante el choque. El muelle es relativamente suave y no debe ser esforzado demasiado en el proceso de la colisión.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ingrese las masas m_1 y m_2 en los instrumentos indicadores (haga un clic con la tecla derecha del ratón e ingréselas como parámetros). La masa total de un carro resulta de la suma de la masa del carro (0,5 kg), la masa del sensor de fuerzas (0,1 kg) y en caso dado, del muelle (0,01 kg) y de una masa adicional (0,5 kg).
- En Ajustes aA1 y aB1 ponga las aceleraciones a **—> 0 <—**.
- Inicie la medición con **F9**.
- Ejecute la colisión elástica; la medición se detiene automáticamente después de 5 s.

Evaluación

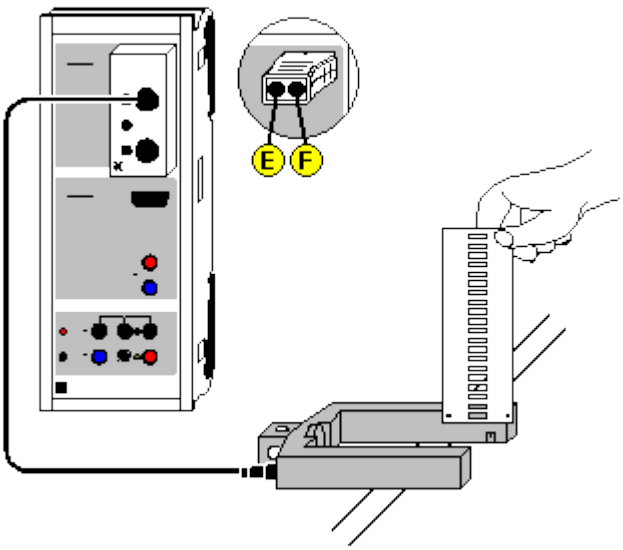
La representación **Estándar** muestra los dos diagramas a(t) y la representación **Fuerza** los diagramas F(t) respectivos (véase el principio de la medición).

En los diagramas F(t) se puede ver fácilmente que

$F_1(t) = -F_2(t)$ ("Actio = Reactio").

Con ello se puede llegar al principio de la conservación de la cantidad de movimiento, ya que las integrales de ambas curvas (transferencias de la cantidad de movimiento) entre dos tiempos cualquiera t_1 y t_2 siempre son iguales en valor y tienen el signo contrario.

Caída libre con la escalera g



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se registra los momentos de oscurecimiento de la barrera luminosa causados por los peldaños de la escalera g en caída libre entre una barrera luminosa. La distancia entre peldaños que es conocida junto con la información de tiempo permiten obtener un diagrama s(t) de la caída. De aquí se calcula un diagrama v(t) y un diagrama a(t). De cada uno de los tres diagramas se puede calcular la aceleración de la gravedad g.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 ó 524 074
1	Escalera g	529 034
1	Barrera luminosa	337 46
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Juego de 12 pesas, 50 g, opcional	342 61
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La escalera g es mantenida por sobre la barrera luminosa, de tal manera que durante la caída interrumpe la barrera luminosa con sus peldaños. La barrera luminosa se conecta al Sensor-CASSY a través de la entrada E de la unidad Timer. Suspendiendo masas a la escalera se verifica que la aceleración de la gravedad no depende de la masa. Por otra parte se puede aumentar o disminuir la resistencia del aire de la escalera g pegando pequeñas aletas o láminas transparentes respectivamente.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9**.
- Deje caer la barrera luminosa, de tal forma que los 21 peldaños pasen a través de la barrera luminosa.

- La medición se detiene automáticamente 0,2 s después de reconocer el primer peldaño o después de 21 peldaños. Una medición errónea puede ser borrada de la tabla mediante **Borrar última serie de medición** (hacer un clic con la tecla derecha del ratón).
- La medición puede ser repetida para otras masas. Para ello inicie nuevamente con **F9**.

Evaluación

Se ha preparado una representación para el recorrido s(t), velocidad v(t) y aceleración a(t) que pueden ser activadas mediante un clic del ratón. En el diagrama s(t) se puede calcular la aceleración de la gravedad g mediante un ajuste con parábola, en el diagrama v(t) mediante un ajuste a una recta y en el diagrama a(t) mediante la formación de un valor medio. También es posible representar en grande los valores numéricos de la evaluación en la línea de estado pulsando la tecla **F6**.

Puesto que al interrumpir la barrera luminosa con el primer peldaño la escalera tiene una velocidad inicial, el punto culminante de la parábola s(t) no se ve y la recta v(t) no pasa por el origen. Sin embargo, para mejorar la ilustración se puede por ej. desplace los ejes t y s con el ratón, de tal forma que después del ajuste con una parábola pueda verse el punto culminante de la curva.

Nota

Los valores de cada velocidad v(i) se calculan con la expresión

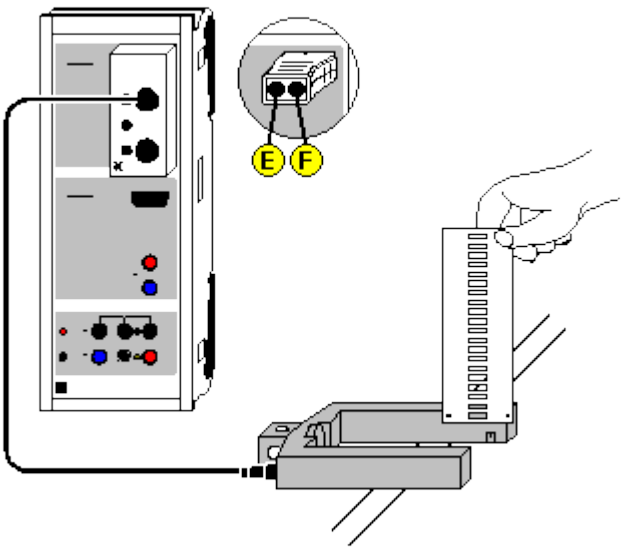
$v(i) = (s(i+1) – s(i-1)) / (t(i+1) – t(i-1))$

Esta es la velocidad media en el intervalo de tiempo [t(i-1),t(i+1)] y en primera aproximación la velocidad instantánea en el momento ½ (t(i-1) + t(i+1)), y no en el momento t(i). Esto también es válido para los valores de las aceleraciones

$a(i) = (v(i+1) – v(i-1)) / (½ (t(i+2) – t(i-2)))$.

Esto ha sido considerado ya en la representación de v(t) y a(t) por medio de un eje de tiempo adecuado mediante una conversión.

Caída libre con la escalera g (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se registra los momentos de oscurecimiento de una barrera luminosa causados por los peldaños de la escalera g en caída libre entre una barrera luminosa. La distancia entre peldaños que es conocida y la información del tiempo permiten obtener un diagrama s(t) de la caída.

Como suplemento al ensayo anterior aquí se compara el movimiento medido con el movimiento descrito con la ecuación

$s'' = a = g$

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 ó 524 074
1	Escalera g	529 034
1	Barrera luminosa	337 46
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Juego de pesas, 50 g, opcional	342 61
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La escalera g es mantenida por sobre la barrera luminosa, de tal manera que durante la caída interrumpe la barrera luminosa con sus peldaños. La barrera luminosa se conecta al Sensor-CASSY a través de la entrada E de la unidad Timer.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

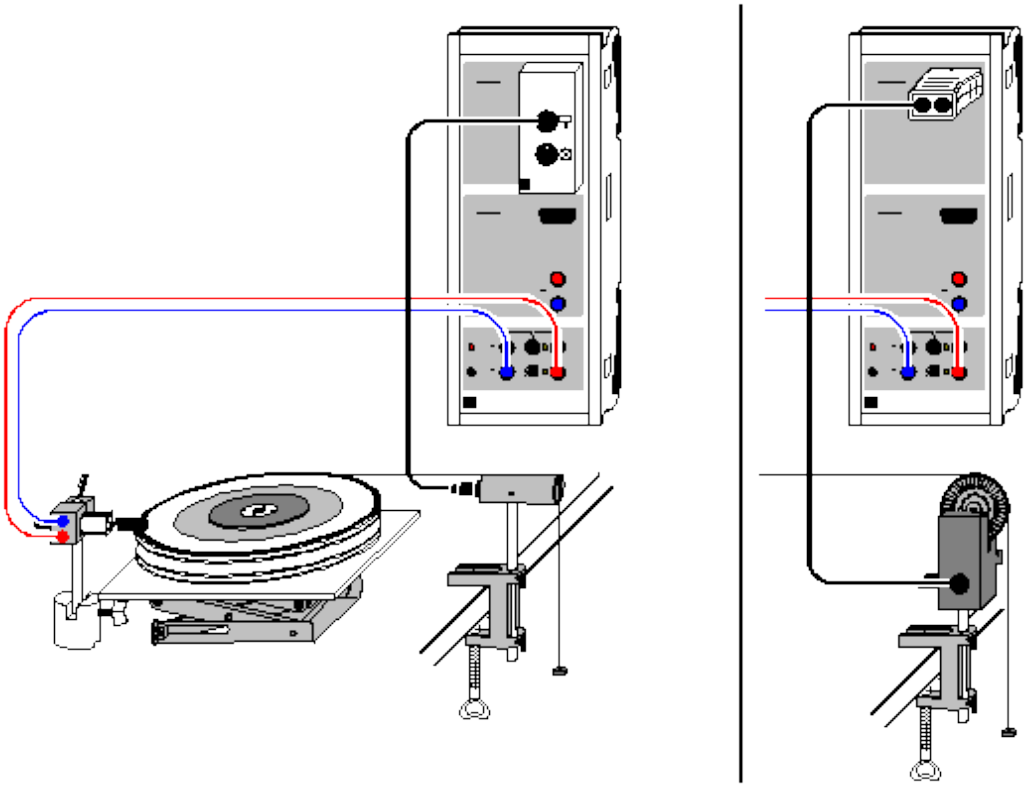
- Inicie la medición con **F9**.
- Deje caer la barrera luminosa, de tal forma que los 21 peldaños pasen a través de la barrera luminosa.
- La medición se detiene automáticamente 0,2 s después de detectar el primer peldaño o después de 21 peldaños. Una medición errónea puede ser borrada de la tabla mediante **Borrar última serie de medición** (hacer un clic con la tecla derecha del ratón).

- La medición puede ser repetida para otras masas o para otras alturas de caída. Para ello inicie nuevamente con **F9**.

Generación del modelo

En este ejemplo se han seleccionado las dos condiciones iniciales s(t=0)=0 y v(t=0)=v_0, así como la aceleración g=9,81 m/s^2, en donde g y v_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

Movimientos giratorios (Ecuación de movimiento de Newton)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un cuerpo que rota con momento de inercia constante J es acelerado con diferentes momentos de rotación (torque) M. Las aceleraciones angulares α calculadas en función de los momentos de rotación aceleradores M resultan en una proporcionalidad de M con α (con J como factor de proporcionalidad) verificándose así la ecuación de movimiento de Newton $M=J\cdot\alpha$.

Alternativamente también se puede mantener constante el momento de rotación acelerador M y variar el momento de inercia J. Esto resulta en J proporcional a $1/\alpha$ (con M como factor de proporcionalidad).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad BMW	524 032
1	Sensor de movimiento	337 631
	o	
1	Timer S	524 074
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Sistema de rotación	347 23
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Imán de retención	336 21
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Base cilíndrica	300 11
1	Mordaza de mesa sencilla	301 07
1	Soporte elevador II	300 76
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	Clip	

1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El hilo de transmisión se sujeta a la bandera del sistema giratorio (r = 10 cm) o a una de las clavijas del disco suplementario (r = 5 cm, 2,5 cm) y se mueve por el sensor de movimiento, el cual está conectado a la unidad BMW en el Sensor-CASSY. El imán de retención evita el inicio de la rotación, el cual debe ser colocado en la proximidad del clip que está fijo a la bandera del sistema de giro.

Como fuerza acelerador se utiliza por ej. 3 pesas suspendidas de 1 g (F = 0,0294 N). Los diferentes momentos de rotación con momentos de inercia constantes se consiguen eligiendo diferentes radios de desenrollado (M = r·F = 2,94 mNm, 1,47 mNm, 0,73 mNm). Alternativamente también se pueden cambiar los momentos de inercia con un momento de rotación constante agregando discos suplementarios.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ajuste el ángulo máximo desenrollable β_{A1} en la condición de medición de la ventana Parámetros de medición (aparece con **F5**) (actual **&bA1 < 6** para 6 radios, &b denota simplemente β).
- Eventualmente ajuste el intervalo de tiempo (actual 500 ms) en la ventana Parámetros de medición (aparece con **F5**) (un intervalo más largo tiene pocos valores de medición y menos dispersión en $\alpha(t)$).
- En caso necesario invierta el signo de la medición del ángulo (**s <—> -s** en Ajustes βA1).
- Deje girar al disco soltándolo del imán de retención.
- Defina el radio de desenrollado actual y el punto cero del recorrido (ambos en Ajustes βA1).
- Inicie la medición con **F9** y al final deténgala nuevamente con **F9**. Si ha ocurrido un error en la medición bórrela de la tabla mediante **Borrar última serie de medición** (tecla derecha del ratón sobre la tabla).
- Repita la medición cambiando los parámetros (otros momentos de rotación aceleradores u otros momentos de inercia acelerados). A tal efecto defina nuevamente el radio de desenrollado y el punto cero del recorrido.

Evaluación

Además de los diagramas $\beta(t)$ se calculan también los diagramas $\omega(t)$ y $\alpha(t)$. Estos están disponibles en las otras páginas de representación y sólo se requiere que sean activadas mediante el ratón. Como evaluaciones se tienen a los ajustes mediante parábola y recta y también el cálculo del valor medio.

Para verificar la ecuación de movimiento de Newton se debe llenar una tabla adicional, ya preparada en la página Newton de la representación. Después de determinar un valor de aceleración angular como valor medio de un diagrama $\alpha(t)$ o como pendiente de un diagrama $\omega(t)$, éste valor puede ser arrastrado con el ratón desde la línea de estado hacia la tabla (función drag & drop). El parámetro momento de rotación M o momento de inercia J se introduce directamente en la tabla por medio del teclado. Incluso durante la entrada de la tabla surge el diagrama deseado. Los ejes pueden ser fácilmente recalculados después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón o también cambiados de escala (por ej. α —> $1/\alpha$).

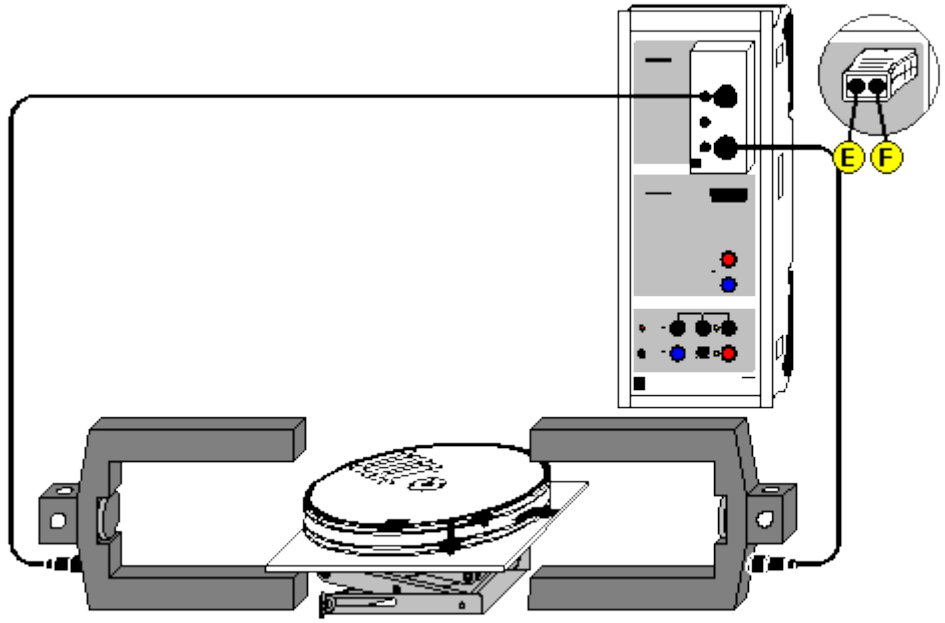
Otra evaluación posible es comparar por ej. la energía de rotación con el trabajo realizado mediante otra fórmula adicional en Fórmulas. La energía de rotación es

E = **0.5*J*&w^2** (escribir J como valor numérico, &w denota simplemente ω)

y el trabajo realizado se calcula mediante

W = **M*&bA1** (escribir M como valor numérico, &b denota simplemente β).

Momentum angular y la conservación de la energía (Choque giratorio)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Con el sistema giratorio se puede determinar las velocidades angulares ω de dos cuerpos antes y después de su choque a partir de los tiempos de oscurecimiento de dos barreras luminosas. De este modo se verifica la conservación del momentum angular para los choques giratorios elásticos e inelásticos y también la conservación de la energía para el choque giratorio elástico.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Sistema rotatorio	347 23
2	Barreras luminosas	337 46
2	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Soporte elevador II	300 76
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

En primer lugar se debe ubicar al sistema giratorio y las dos barreras luminosas (en las entradas E y F de la unidad Timer), de tal manera que las banderas de ambos cuerpos giran en el momento del choque se encuentren **entre** las barreras luminosas. Las banderas de ambos cuerpos deberán interrumpir a las barreras luminosas al pasar por ellas.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Dé valores a los momentos de inercia J_1 y J_2 en la tabla (haga un clic bajo J_1 y J_2).
- Indique la disposición de las banderas antes del choque con relación a las barreras luminosas E y F (Ajustes ω1, ω2, ω1´ o ω2´). Hay cuatro disposiciones posibles:
 ambas banderas se encuentran fuera de las barreras luminosas,
 la bandera izquierda se encuentra dentro y la bandera derecha fuera,
 la bandera izquierda se encuentra fuera y la bandera derecha dentro y

ambas banderas se encuentran dentro (explosión).
- Indique el ancho de bandera y el radio (también en Ajustes ω1, ω2, ω1´ o ω2´).
- Realice el choque (en caso de que ya antes del choque las velocidades estén siendo indicadas, entonces estas pueden ser borradas mediante **—> 0 <—**) y tenga en cuenta que ningún impulso excedente provenientes de las barreras luminosas sea registrado (por ej. por reflexión de un cuerpo girando).
- Finalice la medición mediante **Fin de choque** (después de cuatro velocidades angulares medidas la medición termina por si sola).
- Acepte los valores medidos en la tabla con **F9** para la evaluación o con **—> 0 <—** inicie la próxima medición.

Evaluación

Se han preparado páginas con tablas ad-hoc para el momentum angular antes y después del choque, el momentum angular total, energías, energías totales y la pérdida de energía, en las cuales los valores medidos pueden ser introducidos mediante **F9**. Para visualizarlas sólo hay que hacer un clic sobre las páginas de tablas. Si desea visualizar a estas magnitudes directamente después del choque, entonces se abra los respectivos instrumentos indicadores.

Además, para permitir una comparación con la teoría es posible definir fórmulas adicionales. En el choque giratorio elástico se cumplen:

&w1´ = (2*J2*&w2 + (J1-J2)*&w1) / (J1+J2)
&w2´ = (2*J1*&w1 + (J2-J1)*&w2) / (J1+J2)

y para el choque giratorio inelástico

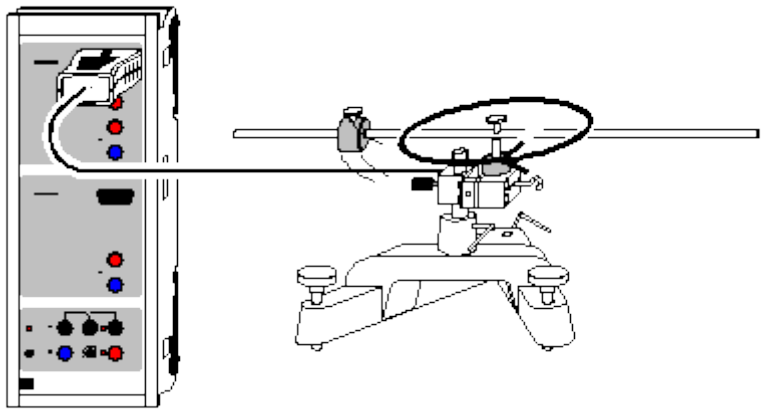
&w1´ = &w2´ = (J1*&w1 + J2*&w2) / (J1+J2).

En todas las fórmulas se ha utilizado la letra latina w con el carácter & por delante en lugar de la letra griega ω.

Tabla para la conversión entre las unidades indicadas y el sistema de unidades internacionales SI

Magnitud	Unidad SI =	Factor	· Unidad indicada
Momento de inercia J	$kg \cdot m^2$	1000	$g \cdot m^2$
Velocidad angular ω	rad/s	1	rad/s
Momentum angular L	$N \cdot s \cdot m = kg \cdot m^2/s$	1000	mJ·s
Energía E	$J = kg \cdot m^2/s^2$	1000	mJ

Fuerza centrífuga (Brazo giratorio para fuerza centrífuga)



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La fuerza centrífuga F que actúa sobre una masa m que gira es descrita por $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$ (ω: velocidad angular, r: distancia entre el centro de gravedad de la masa y el eje de giro). Esta ley es verificada haciendo variar tres parámetros m, ω y r.

La fuerza centrífuga F puede ser medida por medio del sensor de fuerzas S, ±50 N. Como éste puede medir casi sólo en una dirección, lo que se obtiene es un comportamiento sinusoidal de la fuerza cuyos mínimos y máximos corresponden a la fuerza centrífuga orientada radialmente.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de fuerza S, ±50 N	524 042
1	Brazo giratorio para fuerza centrífuga	347 211
1	Base grande en forma de V	300 01
1	Varilla de soporte, 10 cm	300 40
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El sensor de fuerza debe ser fijado horizontalmente con la varilla de soporte, lo mas corto posible, en la base de soporte. ¡Apriete bien todos los tornillos! Luego la base de soporte deberá ser orientada horizontalmente con sus tornillos de ajuste de tal forma que el brazo giratorio oscile los menos posible y gire con velocidad constante en la frecuencia angular mínima.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Atornille fijamente las pesas a una distancia definida (r se determina entre el eje de giro y el centro de la pesa) sobre el brazo de giro.
- En Ajustes Fuerza FA1 ponga el sensor de fuerza a **—> 0 <—**.
- Con los dedos ponga en rotación al brazo giratorio cerca del eje de giro y al alcanzar la fuerza de unos 5 N incie el registro de la medición con **F9** y repítalo cada 5 a 10 s hasta que la fuerza sea de aproximadamente 1 N. Se obtiene un manojo de curvas sinusoidales cuyas amplitudes son menores y sus periodos mayores. Ajustando el trigger del ejemplo todas las curvas empiezan en el origen de coordenadas.

Evaluación

Para cada curva sinusoidal se determina el periodo T y los mínimos y máximos de la fuerza F_{min} y F_{max} de los primeros periodos haciendo un clic con el ratón y de la lectura de los valores de la tabla

para luego ser transferidos en la representación **Entrada** (haga un clic con el ratón). La consideración de F_{min} y F_{max} compensa eventuales inexactitudes en el montaje o en el ajuste del cero del sensor de fuerza.

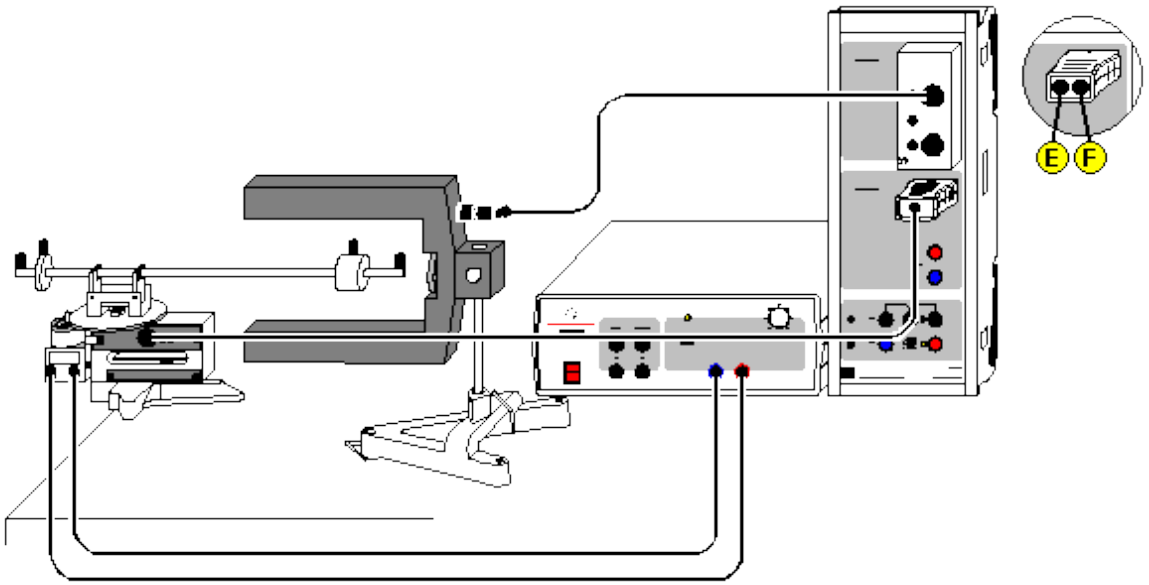
En la representación **Fuerza centrífuga** el resultado de la evaluación es transferido automáticamente. La fuerza centrífuga $F = (F_{max}-F_{min})/2$ allí representada y la velocidad angular $\omega=2\pi/T$ se calcula a partir de los valores indicados. Aquí se puede apreciar muy bien la proporcionalidad $F \sim \omega^2$.

Para la verificación de las proporcionalidades $F \sim m$ y $F \sim r$ las mediciones deben ser repetidas con otras masas y radios para luego ser evaluadas en conjunto. Es razonable evaluar individualmente cada medición y almacenarla en un archivo aparte ya que la representación gráfica de varias mediciones puede hacer muy confusa la evaluación. Una vez que varias mediciones han sido evaluadas éstas pueden ser cargadas en una representación conjunta.

Recomendación

Como para una evaluación completa el experimento debe ser repetido con otras masas m y radios r, la evaluación manual de todas las mediciones es muy trabajosa. Sin embargo, la duración del periodo T y las dos fuerzas F_{min} y F_{max} también pueden ser determinadas automáticamente. A tal efecto sólo se tiene que abrir los instrumentos indicadores T', F'_{min} y F'_{max} de la línea superior. Directamente, después de cada medición se puede desplazar los calores calculados allí hacia la representación **Entrada** haciendo uso del ratón (función drag & drop). Esta función se tendrá que repetir rápidamente para las velocidades angulares ω que van disminuyendo, todo el tiempo que el brazo giratorio esté girando y la fuerza medida sea todavía mayor que aproximadamente 1 N.

Fuerza centrífuga (Aparato para fuerza centrífuga)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Con el aparato para fuerza centrífuga es posible estudiar experimentalmente la fuerza centrífuga F en función de la masa m (girando), de la distancia r de la masa al punto de giro y de la velocidad angular ω. Con ello se puede verificar la relación para la fuerza centrífuga $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$.

En el aparato de fuerza centrífuga la fuerza F que actúa sobre la masa m en la rotación es transmitida a una pieza de acero amuellado, a través de una palanca apoyada y articulada y una clavija de presión colocada en el eje de giro, cuya desviación puede ser medida eléctricamente con bandas extensiométricas conectadas en puente. En el rango de medición usado la deformación del acero amuellado es elástica y de esta manera proporcional a la fuerza F.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Aparato para fuerza centrífuga S	524 068
1	Fuente de alimentación	521 49
1	Barrera luminosa	337 46
1	Cable de conexión de 6 polos	501 16
1	Pinza de mesa	301 06
1	Base pequeña en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 10 cm	300 40
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Los aparatos para fuerza centrífuga existentes (347 21) pueden ser equipados con el adaptador de aparato para fuerza centrífuga (524 0681). Esta combinación no se diferencia en el manejo y en los resultados del aparato para fuerza centrífuga S (524 068). Sin embargo, antes del primer uso del aparato para fuerza centrífuga (347 21) con el adaptador (524 0681) se debe ajustar una vez el cero y la ganancia en el aparato según las instrucciones de uso del adaptador del aparato para fuerza centrífuga.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Primeramente se debe fijar el aparato para fuerza centrífuga a la mesa con la pinza respectiva. La barrera luminosa de horquilla debe ser montada usando la varilla de soporte y la base de soporte pequeña de tal manera que el brazo giratorio pueda rotar libremente a través de las dos columnas de la barrera luminosa; la interrupción de la luz no debe realizarse con la pesa. El aparato para fuerza centrífuga debe ser conectado a la entrada B, la barrera luminosa a la unidad Timer en la entrada A del Sensor-CASSY usando un cable de 6 polos. La fuente de alimentación debe ser conectada al motor de accionamiento del aparato para fuerza centrífuga mediante dos cables. La tensión máxima para accionar el motor debe ser elegida de tal forma que el rango de medición de la fuerza no sobrepase los 15 N.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

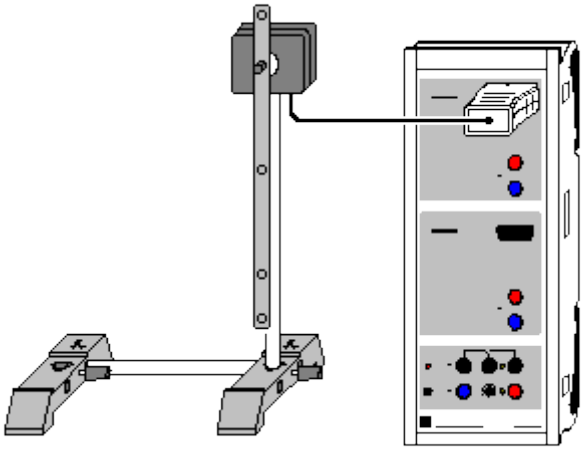
- Ponga a 0 la indicación de la fuerza cuando el brazo no está girando. Para ello ponga el aparato para fuerza centrífuga a **—> 0 <—** en Ajustes Fuerza FB1 (tecla derecha del ratón).
- Ajuste la masa de corrección sobre el brazo corto del aparato de tal forma que para una medición sin masa adicional m, pero con tornillo de seguridad, no se mida ninguna fuerza F.
- Empezando por pequeñas velocidades angulares ω almacene manualmente en la tabla con **F9** la fuerza mediada.
- Repita la medición con velocidades angulares más altas ω.
- Después del registro de una serie de medidas repita la medición con otras masas m (r = constante) o radios r (m = constante). A tal fin en los parámetros de medición seleccione (**F5**) **Adjuntar nueva serie de medición** y empiece nuevamente con pequeñas velocidades angulares.

Evaluación

Cada serie de medidas confirma fácilmente por si misma la proporcionalidad entre la fuerza F y ω^2 mediante un ajuste con recta. Si se desea verificar también las otras proporcionalidades entre la fuerza F y m (ω,r constantes) y F y r (ω,m constantes), entonces primeramente se debe determinar la fuerza F para velocidades angulares constantes ω. Para ello se debe dibujar una línea vertical en el diagrama para un valor de ω^2 y leer las coordenadas en el punto de intersección con las rectas F(ω^2) (activar la visualización de coordenadas). Estas coordenadas tendrán que ser ingresadas manualmente en la segunda representación preparada F(m) o F(r) (hacer un clic con el ratón en el campo tabular). Allí se mostrará finalmente la proporcionalidad deseada.

Mediante la determinación de los factores de proporcionalidad se verifica $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$.

Oscilaciones de un péndulo rígido



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La ecuación de movimiento de un péndulo físico con momento de inercia J, masa m y distancia s entre el punto de giro y el centro de masa es:

$M = J \cdot \alpha'' = -m \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha$

Esta ecuación describe una oscilación armónica para pequeñas desviaciones ($\sin \alpha \approx \alpha$) con un periodo de oscilación:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(J/mgs)$.

En aras de una mejor visualización se introduce el concepto de longitud reducida del péndulo $l_r = J/ms$. Con este reemplazo el periodo toma la forma:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g)$.

En el caso del péndulo matemático la masa pendular total está concentrada en un punto. De aquí que este péndulo posea un momento de inercia $J = ms^2$ y la longitud reducida del péndulo sea $l_r = J/ms = s$, esto es, la misma distancia entre la masa pendular (centro de masa) y el eje de giro.

Un péndulo físico con longitud reducida de péndulo l_r corresponde entonces a un péndulo matemático con esta longitud.

En este ensayo se determina la longitud reducida de un péndulo a partir del periodo de oscilación medida y se la compara con la longitud reducida calculada.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Defina el cero de la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes αA1).

- Desvíe el péndulo unos 5° y suéltelo.
- Inicie la medición con **F9**. La medición se detiene automáticamente después de unos 10 s.
- Repita la medición sin la pesa o con otra pesa de diferente valor.

Evaluación

Después de algunas oscilaciones se determina primero la duración de las oscilaciones mediante una línea vertical y de aquí el periodo promedio. En el ejemplo se obtiene un periodo T = 0,840 s. Luego, usando un valor de g = 9,81 m/s^2 se obtiene la longitud reducida del péndulo $l_r = g \cdot T^2/4\pi^2$ = 17,5 cm.

Este resultado concuerda muy bien con el valor calculado, en aproximación, de la longitud reducida l_r de la barra. El momento de inercia de la barra al girarla por un eje que pasa por centro de masa es $J_S = 1/12 \cdot ml^2$. Sin embargo, en este péndulo el eje de giro se encuentra a una distancia s = 1/3·l del centro de masa. Al aplicar el teorema de Steiner se obtiene entonces $J = J_S + ms^2 = 7/36\ ml^2$ y $l_r = 7/36 \cdot ml^2 / ms = 7/12 \cdot l$ = 17,5 cm (para l = 30 cm).

Inversamente se puede determinar también la aceleración de la gravedad $g = l_r \cdot 4\pi^2/T^2$ a partir la longitud reducida del péndulo calculada y del periodo medido.

Determinación experimental de la longitud reducida de un péndulo

Si se desplaza una pesa de masa m_2 sobre la varilla de un péndulo de barra hasta que el periodo T, comparado con la barra sin pesa, permanezca sin variar, entonces, la longitud reducida del péndulo l_r tampoco varía. Debido a la posición x alcanzada de la pesa (puntiforme) el momento de inercia del péndulo aumenta en $J_2 = m_2 \cdot x^2$. Como la longitud del péndulo reducido l_r no ha variado, se cumple:

$l_r = J/ms = (J + J_2)/(m + m_2)/s'$

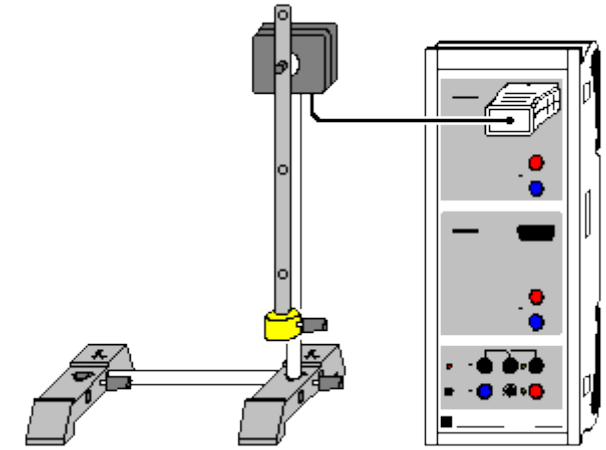
en donde s' es la distancia del nuevo centro de masa al punto de giro, esto es, $s' = (m \cdot s + m_2 \cdot x)/(m + m_2)$. De aquí que

$J/ms = (J + m_2 \cdot x^2)/(m \cdot s + m_2 \cdot x) = J/ms \cdot (1 + m_2 \cdot x^2/J)/(1 + m_2 \cdot x/ms)$ ó $m_2 \cdot x^2/J = m_2 \cdot x/ms$, esto es:

$x = J/ms = l_r$.

La pesa (puntiforme) se sitúa entonces exactamente sobre el largo reducido del péndulo. Como en realidad tiene una dilatación finita, esto es una aproximación.

Oscilaciones de un péndulo rígido (con pesa)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se registra las oscilaciones de un péndulo físico de barra en función del tiempo t. Para la evaluación se compara entre sí el ángulo α, la velocidad ω y la aceleración a. Uno puede realizar la representación en función del tiempo t o en forma de un diagrama de fase.

Además, se determina la longitud reducida del péndulo l_r = J/ms a partir del periodo de oscilación medido $T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g)$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro y la pesa debe ser fijada en el extremo inferior del péndulo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Defina el cero de la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes αA1).
- Desvíe el péndulo unos 20° y suéltelo.
- Inicie la medición con **F9**. La medición se detiene automáticamente después de 10 s.
- Repita la medición sin la pesa o con otra pesa de diferente valor.

Evaluación

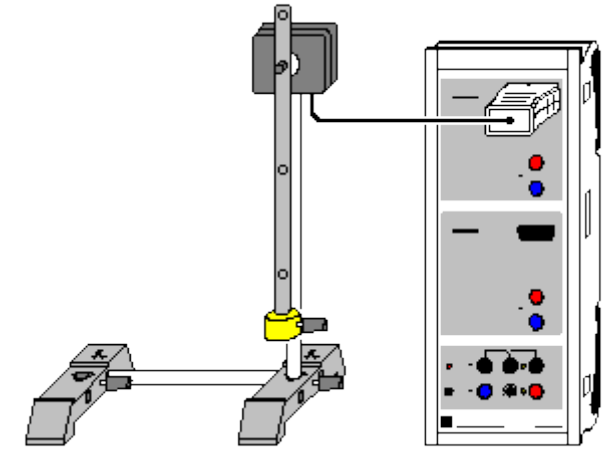
Al lado de la representación angular se dispone también de una representación global con α(t), ω(t) y a(t) y un diagrama de fases $\omega(\alpha)$. Para elegir entre las diferentes representaciones haga un clic sobre el botón respectivo.

Después de algunas oscilaciones primero se determina el periodo de las oscilaciones mediante una línea vertical y de aquí el periodo promedio. En el ejemplo resulta un periodo T = 0,96 s. Luego, usando un valor de g = 9,81 m/s^2 se obtiene la longitud reducida del péndulo $l_r = g \cdot T^2/4\pi^2$ = 22,9 cm. Esta es un poco menor que la distancia de la pesa al punto de giro (25 cm).

Nota

Las formas de curva trazadas dependen fuertemente del intervalo de tiempo seleccionado. El intervalo de tiempo sólo puede ser un compromiso entre una secuencia compacta de datos, máximos y mínimos $\alpha(t)$ bien pronunciados (pequeños intervalos de tiempo) y pequeños errores en el diagrama $\omega(t)$ y a(t) (intervalo de tiempo grande).

Oscilaciones de un péndulo rígido (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se excita un péndulo de barra y se registra las oscilaciones libres. Como suplemento al estudio puramente instrumental de las oscilaciones de un péndulo rígido aquí se realiza una comparación entre la oscilación medida y la oscilación $\alpha(t)$ que resulta de la ecuación de movimiento siguiente:

$M = J \cdot \alpha'' = -m \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha$

donde J es el momento de inercia, m es la masa y s es la distancia entre el punto de giro y el centro de masa. La ecuación que se requiere para el modelo es entonces:

$\alpha'' = a = -m \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha / J = g/l_r \cdot \sin \alpha$

con $l_r = J/ms$ como la longitud reducida del péndulo.

Para pequeños ángulos α se hace la aproximación usual de $\sin \alpha$ con α y la ecuación puede ser resuelta analíticamente. En este ejemplo esta aproximación no es necesaria porque la solución se obtiene numéricamente.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro y la pesa debe ser fijada en el extremo inferior del péndulo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Defina el cero de la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes αA1).
- Desvíe el péndulo unos 20° (corresponde aprox. 0,35 radianes en unidades de arco) y suéltelo.
- Inicie la medición con **F9**. La medición se detiene automáticamente después de 10 s.

Generación del modelo

En el presente ejemplo se seleccionan las dos condiciones iniciales $\alpha(t=0)=0$ y $\omega(t=0)=\omega_0$, ya que se hace el disparo en el cero. La velocidad inicial ω_0 y la longitud reducida del péndulo l_r pueden ser modificadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o mediante clic hacia la izquierda o clic hacia la derecha) de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

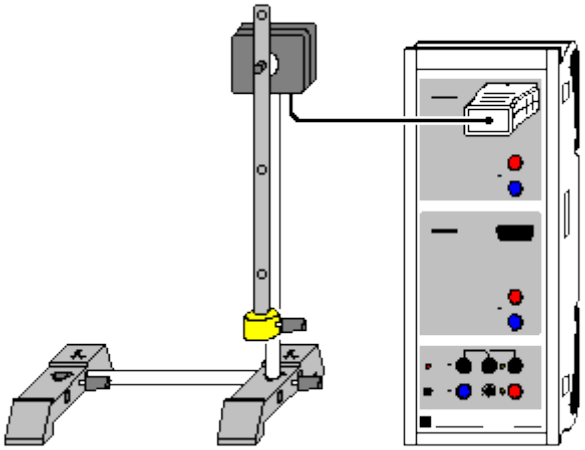
Para corroborar el modelo se puede colocar la pesa en otra posición para luego repetir el experimento. La nueva oscilación medida se atendrá nuevamente al modelo matemático.

Injerencia de la aproximación sin $\alpha \approx \alpha$

En este ensayo se demuestra de manera impresionante cómo influye la aproximación sin $\alpha \approx \alpha$ usada comúnmente para las pequeñas desviaciones. Con esta aproximación se puede acortar la ecuación del modelo de –9,81/lr*rsin &a a –9,81/lr*&a. La variación del periodo por efecto de la aproximación se observa claramente a partir de los 20° de desviación.

En el siguiente ejemplo se estudia con detalle este hecho.

Dependencia del periodo de un péndulo rígido respecto de la amplitud



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se registra el periodo T en función de la amplitud de una oscilación. Primero hay que dar un toquecito al péndulo y se mide continuamente la amplitud y el periodo. La presencia de una reducida fricción hace que la amplitud disminuya lentamente. Esto produce también una pequeña disminución del periodo de oscilación.

La ecuación de movimiento de un péndulo físico con el momento de inercia J, masa m y distancia s entre punto de giro y centro de masa viene expresada por:

$M = J \cdot \alpha'' = -m \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha$

que para pequeñas desviaciones ($\sin \alpha \approx \alpha$) describe una oscilación armónica con un periodo:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g)$,

donde $l_r = J/ms$ es la longitud reducida del péndulo. Sin esta aproximación se tiene en general:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g) \cdot (1 + (1/2)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^2 + (3/4)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^4 + (5/6)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^6 + \ldots))))$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro y la pesa debe estar fijada en el extremo inferior del péndulo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Desvíe el péndulo unos 30° y suéltelo.
- Cuando el valor indicado para el periodo T_{A1} se haya hecho constante, inicie la medición con **F9**.
- Si después de un rato no se visualiza punto de la medición alguno, entonces haga un clic con el botón derecho del ratón sobre el eje "y" y seleccione **Buscar mínimo y máximo**.
- Detenga la medición con **F9** tan pronto como la amplitud sea menor que 5°. Por debajo de este valor la determinación del periodo no es segura.

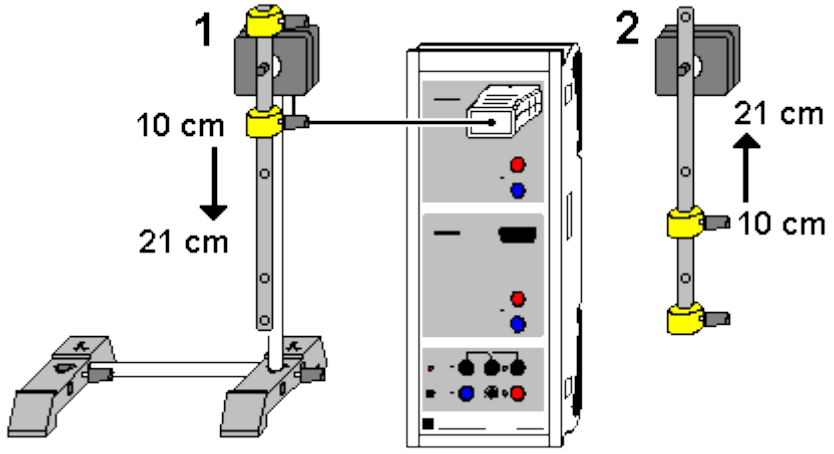
Evaluación

Durante la medición la amplitud disminuye lentamente. Esto causa una pequeña disminución del periodo. La expresión teórica entre amplitud y periodo está dada por:

$T = T_0 \cdot (1 + (1/2)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^2 + (3/4)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^4 + (5/6)^2 \cdot (\sin(\alpha/2)^6 + \ldots))))$

que puede ser verificada fácilmente mediante un ajuste libre.

Determinación de la aceleración de la gravedad con un péndulo reversible



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En un péndulo físico con pequeñas desviaciones el periodo de las oscilaciones está dado por:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g)$

donde $l_r = J/ms$ es la longitud reducida del péndulo. Si se conoce la longitud reducida del péndulo l_r y el periodo de oscilación T, entonces es inmediato el cálculo de la aceleración de la gravedad $g = l_r \cdot 4\pi^2/T^2$.

Con frecuencia no se puede determinar con la exactitud deseada la longitud reducida del péndulo, debido a que es difícil determinar con buena precisión el momento de inercia o el centro de masa. En el péndulo reversible se cambia la distribución de la masa de tal forma que los periodos de oscilación para los dos ejes de giro sean iguales. De esto resulta que la longitud reducida del péndulo l_r corresponde a la distancia entre los ejes de giro; de esta forma ya se tiene bien conocido su valor.

Aplicando el teorema de Steiner, $J = J_S + ms^2$, donde J_S es el momento de inercia del péndulo referido al eje que pasa por el centro de masa y s es la distancia entre el centro de masa y el eje de giro. La longitud reducida del péndulo es entonces:

$l_r = J/ms = J_S/ms + s.$

El segundo eje de giro estaría entonces en el otro lado del centro de masa y tendría, para el mismo periodo y la misma longitud reducida, la distancia x al centro de masa. Se cumple entonces:

$l_r = J_S/mx + x.$

Al resolver la expresión en x se obtiene $x = l_r - s$. La distancia entre los dos ejes de giro s+x corresponde exactamente a la longitud reducida del péndulo l_r.

Como el periodo T de oscilación puede ser determinado con buena precisión, el péndulo reversible es bastante apropiado para determinar la aceleración de la gravedad g.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro y sujete las dos pesas en el péndulo tal como se muestra en el esquema (1).

Marque la barra del péndulo empezando desde arriba con un lápiz en pasos de 1 cm. Es suficiente marcar la zona entre 10 cm hasta los 21 cm.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Coloque la masa pendular variable en la posición x = 10 cm y desvíela unos 10°.
- Cuando el valor indicado del periodo de oscilación T_{A1} se hace constante y la amplitud α_{A1} haya disminuido unos 5°, registre el valor medido con **F9** e ingrese la posición en la columna x (con el ratón haga un clic sobre la celda de la tabla).
- Desplace la masa pendular cada vez 1 cm hacia abajo y repita la medición hasta x = 21 cm.
- Vuelva a colocar la masa en x = 10 cm y cambie el punto de apoyo del péndulo como en (2), esto es, invierta el péndulo.
- En la ventana Parámetro de medición seleccione **Adjuntar nueva serie de medición**.
- Desvíe el péndulo nuevamente en 10°, espere hasta que el valor indicado del periodo de oscilación T_{A1} se haya hecho constante y la amplitud α_{A1} haya disminuido hasta 5°, registre el valor medido con **F9** e ingrese la posición en la columna x (con el ratón haga un clic sobre la celda de la tabla).
- Desplace la masa pendular cada vez 1 cm hacia **arriba** y repita la medición hasta x = 21 cm.

Evaluación

En la representación gráfica se puede apreciar dos puntos de corte de las curvas del periodo. En ambos puntos de corte el periodo de oscilación y por ende la longitud reducida del péndulo es la misma. Esto corresponde a la distancia entre los dos ejes, esto es, l_r = 0,20 m.

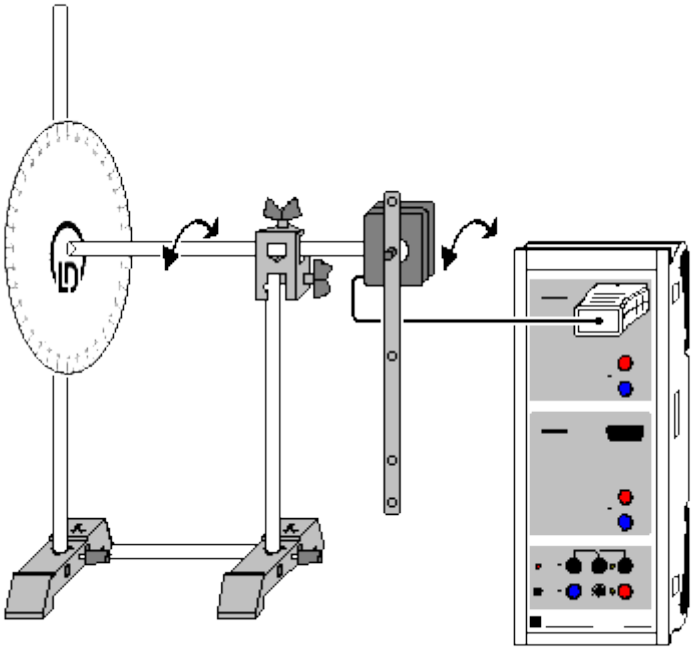
Mediante una marca horizontal se determina el periodo de oscilación respectivo, en nuestro ejemplo, T = 0,898 s. Esto conlleva a una aceleración de la gravedad $g = l_r \cdot 4\pi^2/T^2 = 7{,}896\ m/T^2 = 9{,}79\ m/s^2$.

Como alternativa uno puede leer la aceleración de la gravedad con una mayor resolución en la representación **g**.

Nota acerca de los errores en la medición

Aparte del error de fabricación de la barra que se toma como error en la longitud reducida del péndulo l_r (en aproximación $\Delta l_r = \pm 0{,}1$ mm, esto es, $\Delta g = \pm 0{,}005\ m/s^2$) se debe tener en cuenta también el error en el periodo de oscilación T. Al lado del error de medición puro (aquí $\Delta T = \pm 0{,}001 \cdot T$, esto es, $\Delta g = \pm 0{,}02\ m/s^2$) existe un error sistemático. Tal como en el experimento Dependencia del periodo de oscilación respecto de la amplitud ya ha sido señalado, el periodo depende ligeramente de la amplitud. En 5° de amplitud el error sistemático es $\Delta T = +0{,}0005 \cdot T$, esto es, $\Delta g = -0{,}01\ m/s^2$. Para amplitudes menores la determinación del periodo por el sensor de giro ya no es segura. Para amplitudes mayores este error sistemático sobrepasa rápidamente al error de medición normal (para 10° de amplitud se tiene $\Delta T = +0{,}002 \cdot T$ y $\Delta g = -0{,}04\ m/s^2$).

Péndulo con aceleración de la gravedad g variable



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En un péndulo g variable (Péndulo de Mach) actúa sólo la parte $g \cdot \cos \vartheta$ de la aceleración de la gravedad g sobre el péndulo. Como consecuencia de ello se obtienen diferentes periodos de oscilación según la inclinación ϑ:

$T = 2\pi \cdot \mathrm{sqrt}(l_r/g/\cos \vartheta)$

donde $l_r = J/ms$ es la longitud reducida del péndulo.

En el ensayo se estudia el periodo de las oscilaciones en función del ángulo de inclinación. Por otro lado también se puede determinar la aceleración de la gravedad de diferentes cuerpos celestes simulados. La longitud reducida del péndulo l_r = 17,5 cm ya se ha calculado y verificado experimentalmente en el ensayo Oscilaciones de un péndulo rígido. La parte que actúa de la aceleración de la gravedad es entonces: $a = g \cdot \cos \vartheta = l_r \cdot 4\pi^2/T^2 = 6{,}91\ m/T^2$.

En la escala angular para imprimir ya están marcadas las posiciones para los siguientes cuerpos celestes:

Cuerpo celeste	ϑ	$g \cdot \cos \vartheta$
Tierra (lugar de referencia)	0°	9,81 m/s^2
Venus	25,3°	8,87 m/s^2
Marte	67,8°	3,71 m/s^2
Mercurio	67,8°	3,70 m/s^2
Luna	80,5°	1,62 m/s^2
Plutón	86,6°	0,58 m/s^2

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de giro S	524 082
1	Péndulo físico	346 20

1	Escala angular con cuerpos celestes marcados	imprimir aquí
1	Mordaza Leybold	301 01
2	Varillas de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
1	Varilla de soporte, 50 cm, d = 10 mm	301 27
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El péndulo se atornilla en el eje del sensor de giro. Inserte la escala en la varilla de soporte del sensor de giro. Para ello corte el centro de la escala con un cuchillo filudo tal como está trazado.

Realización del ensayo

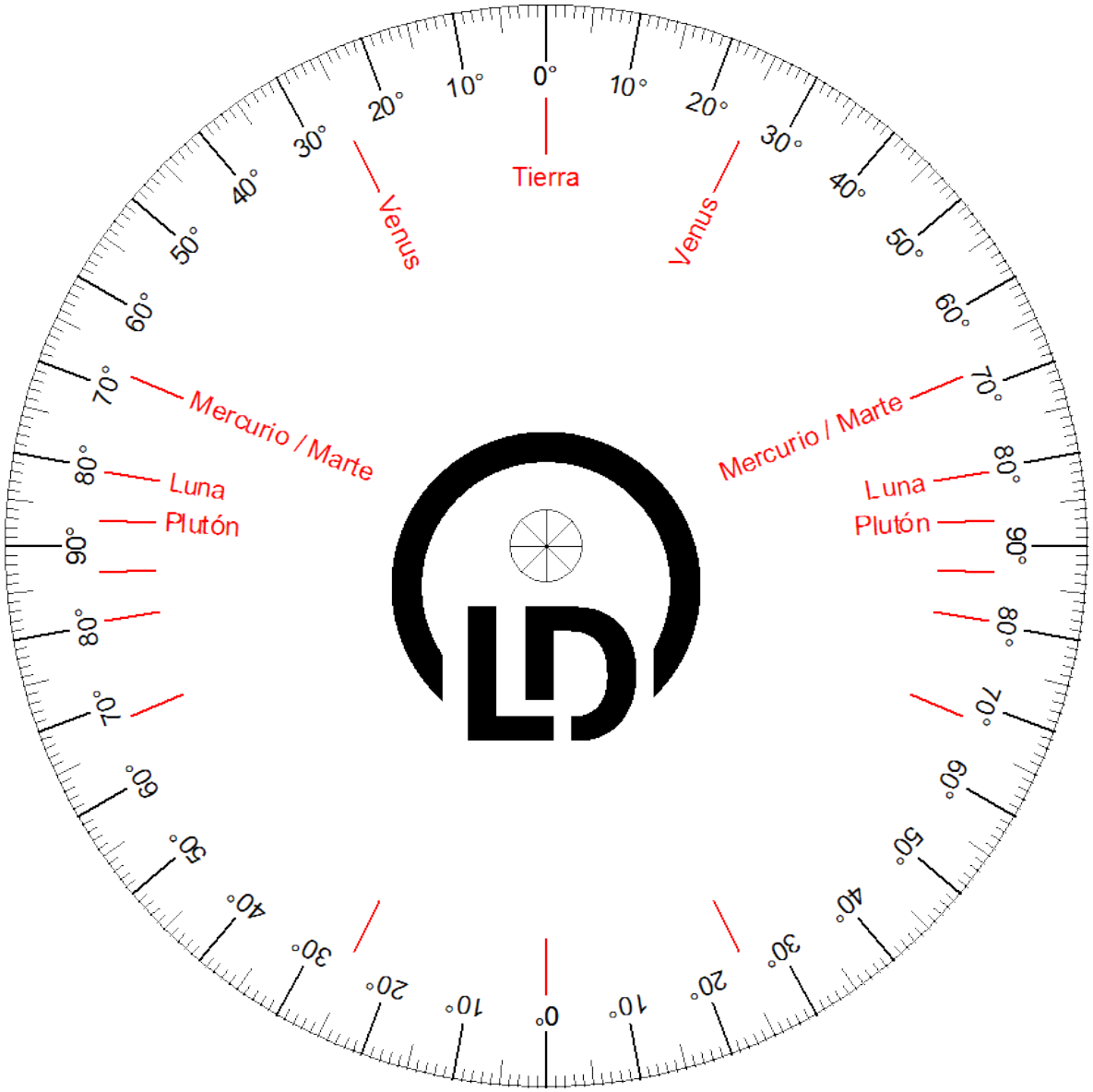
- Cargar ajustes
- Coloque el péndulo en posición vertical (ϑ = 0°), oriente el montaje experimental y desvíe el péndulo unos 10°.
- Cuando el valor indicado del periodo de oscilación T_{A1} se haya hecho constante, registre el valor medido con **F9** e ingrese el ángulo en la columna ϑ (con el ratón haga un clic sobre la celda de la tabla).
- Aumente el ángulo cada vez en 10° y repita la medición hasta ϑ = 80°.

Evaluación

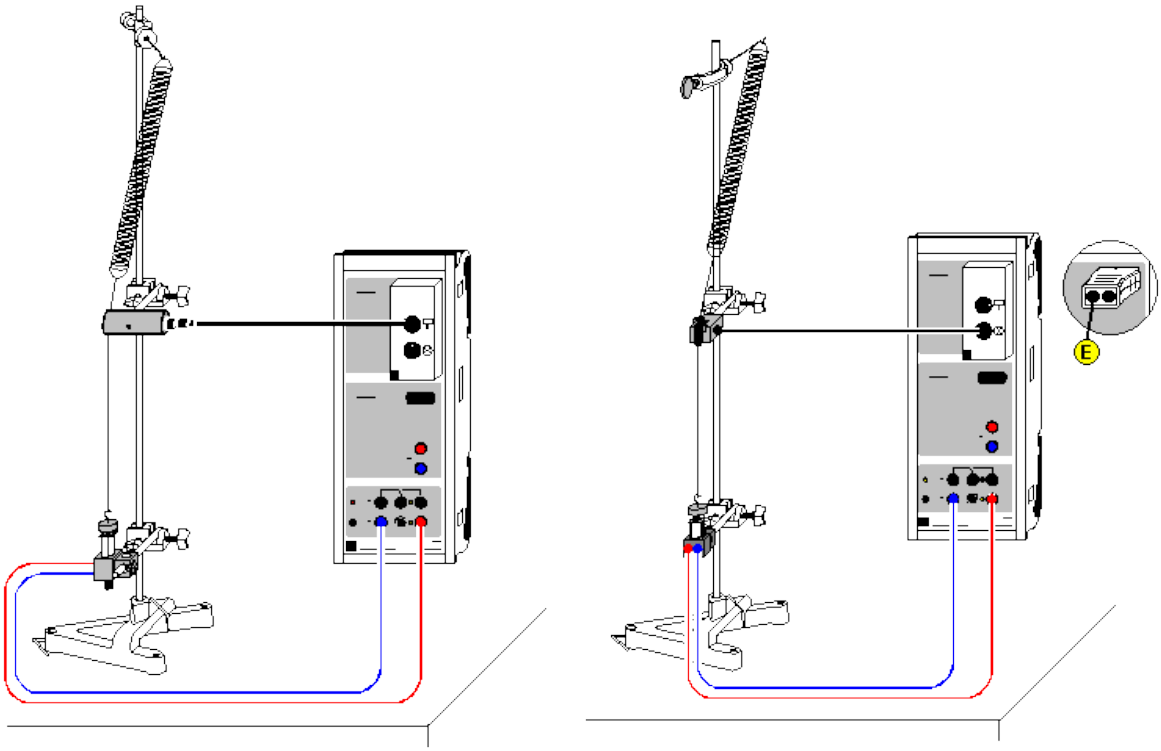
Incluso durante la medición se debe ingresar en el diagrama la parte activa de la aceleración de la gravedad $a = l_r \cdot 4\pi^2/T^2$ con l_r = 17,5 cm.

Con un ajuste libre se puede constatar fácilmente la relación $a = g \cdot \cos \vartheta$.

Alternativamente también se puede simular diferentes cuerpos celestes y determinar sus aceleraciones de gravedad. Para ello oriente al péndulo de acuerdo siguiendo las marcas rojas de la escala angular.


0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
Tierra
Venus
Venus
Mercurio / Marte
Mercurio / Marte
Luna
Luna
Plutón
Plutón

Oscilaciones armónicas de un péndulo de resorte



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se registran las oscilaciones armónicas de un péndulo de resorte en función del tiempo t. Para la evaluación se compara el recorrido s, velocidad v y la aceleración a entre sí. Usted puede escoger entre una representación en función del tiempo t o en forma de un diagrama de fases.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad BMW	524 032
1	Sensor de movimiento	337 631
	o	
1	Timer S	524 074
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Resorte helicoidal, 3 N/m	352 10
1	Juego de pesas, 50 g	342 61
1	Imán de retención	336 21
1	Varilla de soporte grande, en V	300 01
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Varilla de soporte, 150 cm	300 46
2	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Mordaza con gancho	301 08
1	Sedal, 10 m	309 48
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El hilo del péndulo de resorte pasa por la polea de desvío del sensor de movimiento, de tal manera que la oscilación del péndulo sea transmitida sin deslizamiento hacia el sensor de movimiento, el cual está conectado a la hembrilla superior de la unidad BMW. El imán de retención sirve para definir con exactitud el inicio de la oscilación, manteniendo fija la pesa del péndulo antes de iniciarse el registro de datos, en el punto de inversión de la oscilación.

Además, también se puede variar la fricción del aire (por ej. con un pedazo de cartón en la pesa) o la masa del péndulo.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Eventualmente ajuste el intervalo de tiempo en la ventana Parámetros de medición (aparece con **F5**) (un intervalo corto de tiempo permite obtener más valores y diagramas s(t) y v(s) alisados, un intervalo más ancho tiene contiene menos valores y menos dispersión en a(t)).
- En caso dado invierta el signo de la medición de recorrido (**s <—> -s** en Ajustes sA1).
- Defina el punto cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1).
- Desvíe el péndulo unos 10 cm y manténgalo fijo con el imán de retención.
- Inicie la medición con **F9** y al final deténgala nuevamente con **F9**.
- Al repetir la medición verifique nuevamente el punto cero del recorrido en la posición de equilibrio.

Evaluación

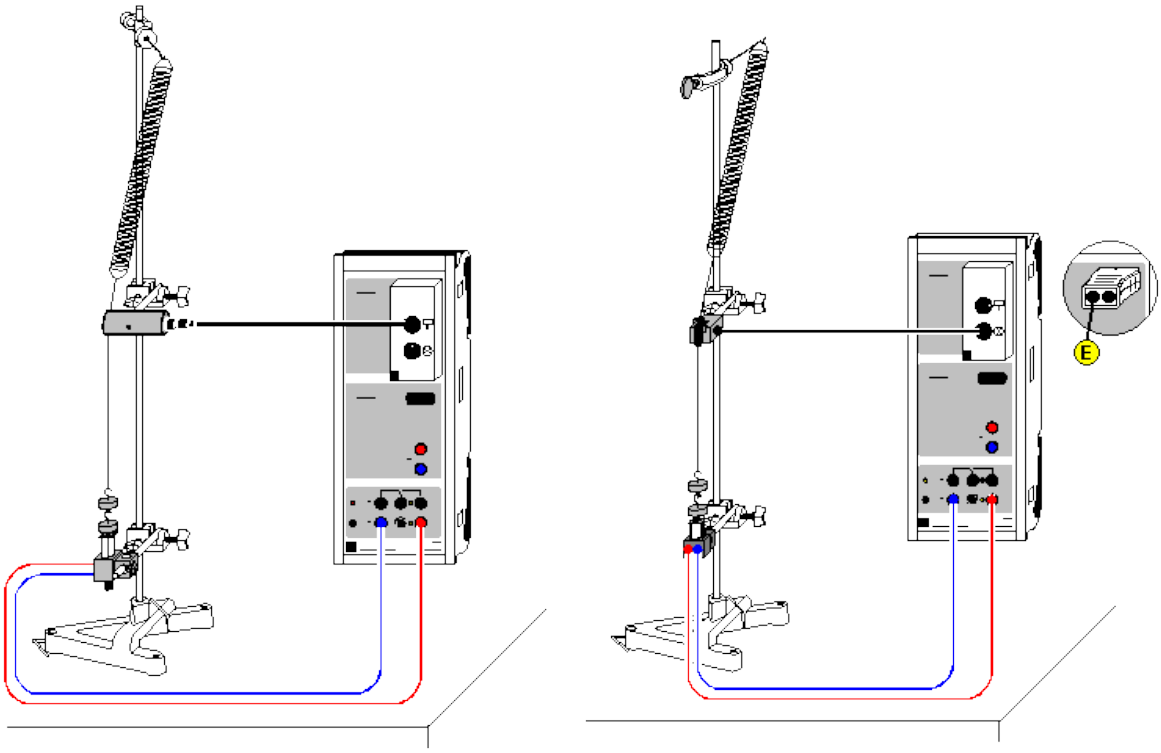
Además de la representación de recorrido se tiene preparada una representación general con s(t), v(t) y a(t) y un diagrama de fases v(s). Las diferentes representaciones pueden ser seleccionadas haciendo un clic con el ratón.

Aquí se ilustra muy bien las relaciones de fase y la amortiguación.

Nota

Las formas de curvas trazadas dependen fuertemente del intervalo de tiempo seleccionado. El intervalo de tiempo sólo puede ser un compromiso entre una densa sucesión de valores, mínimos y máximos de s(t) bien pronunciados (intervalo de tiempo corto) y errores pequeños en el diagrama v(t) y a(t) (intervalo de tiempo mayor).

Dependencia del periodo de un péndulo de resorte respecto a su masa oscilante



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se registra las oscilaciones armónicas de un péndulo de resorte en función del tiempo t con diferentes masas suspendidas. A partir del diagrama recorrido vs. tiempo s(t) se determina el periodo de oscilación T. La representación de T^2 en función de la masa suspendida m confirma la relación $T^2 = (2\pi)^2 \cdot m/D$ (D = Constante del resorte).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad BMW	524 032
1	Sensor de movimiento	337 631
	o	
1	Timer S	524 074
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Rueda de radios multiuso	337 464
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Resorte helicoidal, 3 N/m	352 10
1	Juego de 12 pesas, c/u de 50 g	342 61
1	Imán de retención	336 21
1	Base de soporte grande, en V	300 01
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Varilla de soporte, 150 cm	300 46
2	Mordazas Leybold	301 01
1	Mordaza con gancho	301 08
1	Sedal, 10 m	309 48
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Fije la varilla de soporte en la base de soporte y sujete la mordaza con gancho en el extremo superior de la varilla de soporte.
- Cuelgue el resorte en el gancho y cuelgue el número deseado de pesas con un pedazo de hilo de unos 45 cm de largo.
- Fije la mordaza con el sensor de movimiento aproximadamente en la mitad del pedazo de hilo.
- Pase el pedazo de hilo por la polea de desvío del sensor de movimiento, de tal forma que las oscilaciones del péndulo sean transmitidas por el sensor de movimiento sin deslizamiento alguno. Observe que el eje del resorte no debe desviarse mucho de la vertical para mantener pequeña la atenuación de la oscilación.
- Coloque el imán de retención en el punto de inversión inferior de la oscilación del péndulo.
- Conecte el sensor de movimiento a la entrada A del Sensor-CASSY a través de la hembrilla superior de la unidad BMW.
- Conecte el imán de retención a la salida S del Sensor-CASSY.

Nota para el experimento

El imán de retención sirve para fijar con precisión el inicio de la oscilación, ya que mantiene las pesas suspendidas en el punto inferior de inversión de la oscilación antes del inicio del registro de datos. El sensor de movimiento y el imán de retención deben ser desplazados verticalmente según el número de pesas suspendidas con respecto a la posición del gancho. Idealmente el sensor de movimiento se encuentra aproximadamente en la mitad del hilo, cuando el péndulo se encuentra en la posición de equilibrio.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Cuelgue el número deseado de pesas y ajuste las alturas del imán de retención y sensor de movimiento.
- Calibre el cero del recorrido s_{A1} en la posición de equilibrio del péndulo – para ello haga un clic sobre el botón **—> 0 <—** en Ajustes sA1.
- Si es necesario invierta el signo de la medición del recorrido (botón **s** <—> **–s** en Ajustes sA1)
- Elongue el péndulo y manténgalo fijo con el imán de retención.
- Inicie la medición con **F9**.
- Para repetir una medición desde el inicio del registro de datos verifique el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo.

Evaluación

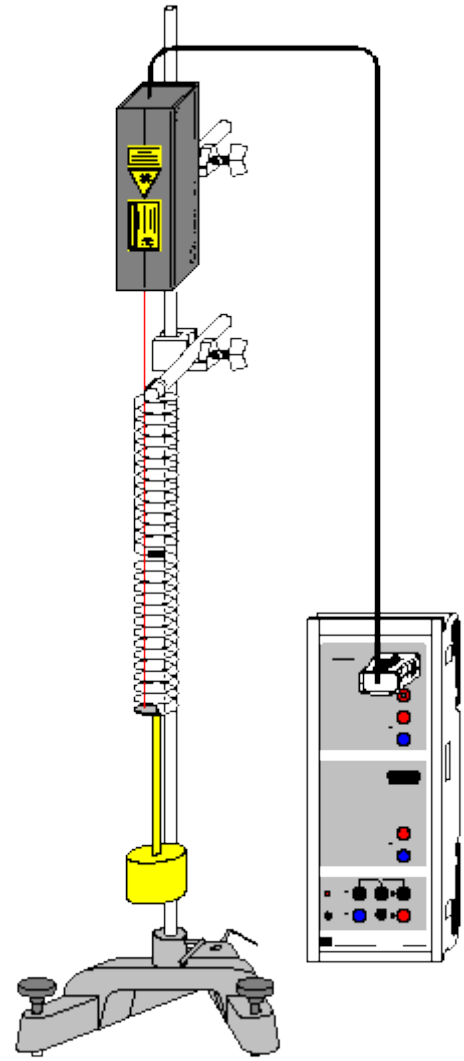
Para cada diagrama recorrido vs. tiempo se debe determinar la duración de la oscilación T (periodo) pulsando el botón derecho del ratón y seleccionando Medir diferencia (o **Alt+D**) y luego cliqueando sobre dos pasos del cero con el botón izquierdo del ratón. El valor del periodo mostrado en la línea de estado puede ser arrastrado (función drag & drop) a la representación ya preparada **Entrada** con el ratón. Adicionalmente se debe ingresar en la tabla la masa m que corresponde a ese T. Mediante el ajuste con una recta en la representación **Evaluación** se confirma la proporcionalidad $T^2 \sim m$ en un paso adicional.

A partir de la pendiente de la recta se puede determinar la constante del resorte D. Observe que la recta resultante no pasa por el origen de coordenadas. Para describir este resultado experimental se debe considerar también la masa del resorte.

Recomendación

Una evaluación completa requiere repetir el experimento para diferentes masas m, entonces cada vez se debe calcular manualmente el periodo de oscilación T. Por otro lado, el periodo T puede ser calculado automáticamente. Para ello sólo se debe abrir el instrumento indicador T' de la línea superior. Después del registro de una oscilación se puede copiar el valor allí indicado hacia la tabla ya preparada de la representación **Entrada** directamente con el ratón (función drag & drop).

Oscilaciones de un péndulo de resorte (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Se excita un péndulo de resorte y se registra las oscilaciones libres con diferentes masas m.

Como complemento al estudio puramente instrumental sobre oscilaciones de un péndulo de resorte, en esta experiencia se compara además la oscilación medida con la oscilación s(t) que resulta de la ecuación

$s'' = a = -D/m \cdot s$

El peso $-m \cdot g$ no se considera (véase la nota acerca del peso). Las constantes D y m corresponden a las constantes del resorte y a la masa oscilante. Como una parte del resorte también oscila, la masa oscilante es unos 20 g (=1/3 de la masa del resorte) mayor que la masa del cuerpo pendular.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento láser S	524 073
1	Varilla de soporte con rosca	309 00 335
1	Par de resortes helicoidales	352 15
1	Plato para pesas con ranura, 500 g	315 452
1	Pesa con ranura de 100 g	315 456
1	Pesa con ranura de 200 g	315 458
1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
2	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Base de soporte grande, en forma de V	300 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa

Para medir la distancia recorrida también se puede usar el sensor de fuerzas S, ±50 N (524 042) en lugar del sensor de movimiento láser S. A partir de la fuerza F_{A1} medida y de la constante del resorte D se puede calcular la desviación $s_{A1}=F_{A1}/D$ usando una Fórmula.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el péndulo con el resorte grande (∅=3,5 mm). Para medir la distancia recorrida en la espira inferior del péndulo coloque un pedazo de lámina retrorreflectora de tal manera que la luz láser del sensor de movimiento incida sobre la lámina durante toda la oscilación (si es necesario coloque la lámina fuera del resorte).

Este resorte especial oscila libremente y de manera estable hacia arriba o hacia abajo debido a que invierte su helicidad en el centro sin que se produzca una oscilación torsional.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si todavía no desea generar un modelo durante la medición active la representación **Estándar**.
- Defina el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1, eventualmente encienda el sensor de movimiento láser S un par de minutos para que alcance su temperatura de operación).
- Desvíe el péndulo hacia abajo.
- Inicie la medición con **F9**.
- Suelte el péndulo. La medición empieza automáticamente con la primera pasada por la posición de equilibrio en s=0.
- Repita el ensayo con diferentes masas (pesas con ranura) después de realizar la evaluación y compárelo con la predicción que genera el modelo.

Generación del modelo

En este ejemplo se ha seleccionado las dos condiciones iniciales s(t=0)=0 y $v(t=0)=v_0$ ya que el trigger ha sido activado en el cero del recorrido. La velocidad inicial v_0, la constante del resorte D y la masa m pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

Para verificar el modelo se puede aumentar la masa m y luego repetir el ensayo con esta masa aumentada. La nueva oscilación medida se seguirá nuevamente al modelo matemático (si es necesario corrija la velocidad inicial).

Solución de la ecuación diferencial

La ecuación diferencial puede ser resuelta analíticamente y con las condiciones iniciales s(t=0)=0 y $v(t=0)=v_0$ se obtiene

$s(t) = v_0/\omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$

donde $\omega_0=\mathrm{sqr}(D/m)$.

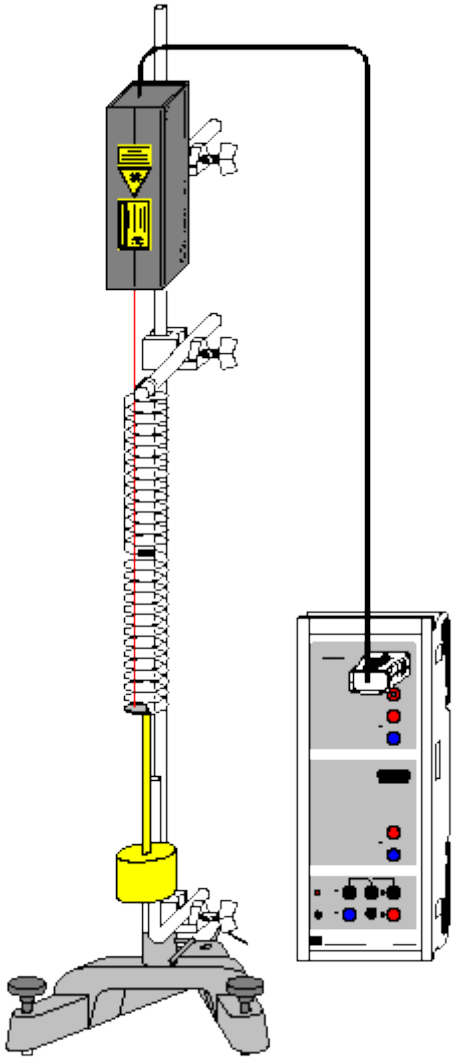
Nota acerca del peso

En la ecuación del modelo utilizada líneas arriba no se ha considerado que el peso m·g también actúa sobre la masa pendular m. En realidad la ecuación del modelo debe ser expresada por:

$s'' = a = -D/m \cdot s - g = -D/m \cdot (s + m \cdot g/D) = -D/m \cdot (s - s_0)$

donde $s_0 = -m \cdot g/D$. Este desplazamiento del cero del péndulo dependiente del peso se muestra de manera impresionante en la representación **Generación del modelo con g** (seleccionarla con el ratón). Como sólo se desplaza el cero, entonces en la ecuación del modelo normalmente se desiste del peso. Esto mismo sucede en los siguientes ejemplos, en los que se estudia la fricción de sólidos, fricción de lubricantes, fricción laminar de líquidos y la fricción turbulenta de líquidos y aire.

Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de un sólido (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Como suplemento del ensayo Oscilaciones de un péndulo de resorte el cuerpo oscilante es expuesto a una fricción F adicional producida por el deslizamiento en una varilla de metal (Fricción de Coulomb). El valor absoluto de esta fricción es constante pero con la fuerza siempre dirigida en contra del movimiento. Podemos escribir entonces $F=-F_0 \cdot \mathrm{sgn}(v)$ con F_0 constante. La ecuación del modelo resulta entonces expresada por:

$s'' = a = -D/m \cdot s - F_0/m \cdot \mathrm{sgn}(v)$.

El peso $-m \cdot g$ no se considera (véase la nota acerca del peso). Las constantes D y m corresponden a las constantes del resorte y a la masa oscilante. Como una parte del resorte también oscila, la masa oscilante es unos 20 g (= 1/3 de la masa del resorte) mayor que la masa del cuerpo pendular.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento láser S	524 073
1	Varilla de soporte con rosca	309 00 335
1	Par de resortes helicoidales	352 15
1	Plato para pesas con ranura, 500 g	315 452
1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Varilla de soporte, acodada en 90°	300 51
3	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Base de soporte grande, en forma de V	300 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa

Para medir la distancia recorrida también se puede usar el sensor de fuerzas S, ±50 N (524 042) en lugar del sensor de movimiento láser S. A partir de la fuerza F_{A1} medida y de la constante del resorte D se puede calcular la desviación $s_{A1}=F_{A1}/D$ usando una Fórmula.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el péndulo con el resorte grande (∅=3,5 mm). Para medir la distancia recorrida en la espira inferior del péndulo coloque un pedazo de lámina retrorreflectora de tal manera que la luz láser del sensor de movimiento incida sobre la lámina durante toda la oscilación (si es necesario coloque la lámina fuera del resorte).

Este resorte especial oscila libremente y de manera estable hacia arriba o hacia abajo debido a que invierte su helicidad en el centro sin que se produzca una oscilación torsional.

El cuerpo pendular debe situarse en la posición de equilibrio, aproximadamente en el centro de la varilla de soporte acodada. Durante la oscilación del cuerpo pendular éste debe rozar permanentemente la varilla de soporte acodada.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si todavía no desea generar un modelo durante la medición active la representación **Estándar**.
- Defina el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1, eventualmente encienda el sensor de movimiento láser S un par de minutos para que alcance su temperatura de operación).
- Desvíe el péndulo hacia abajo.
- Inicie la medición con **F9**.
- Suelte el péndulo. La medición empieza automáticamente con la primera pasada por la posición de equilibrio en s=0.
- Repita el ensayo con otras fricciones después de realizar la evaluación y compárelo como la predicción que genera el modelo. Para ello fije la varilla de soporte acodada un poco hacia adelante o hacia atrás.

Generación del modelo

En este ejemplo se ha seleccionado las dos condiciones iniciales s(t=0)=0 y $v(t=0)=v_0$, ya que el trigger ha sido activado en el cero del recorrido. La velocidad inicial v_0, la constante del resorte D, la masa m y el valor absoluto de la fricción F_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

En la representación **Fricción** puede verse la dependencia de la fricción modelo con respecto a la velocidad.

Para verificar el modelo se puede elevar el valor absoluto de la fricción F_0 (para ello fije la varilla de soporte acodada un poco más adelante). Si de acuerdo a ello se eleva el valor absoluto de la fricción F_0 en el modelo y eventualmente se corrige la velocidad inicial v_0, entonces la nueva oscilación medida y el modelo matemático concordarán nuevamente.

Estimación de la fricción

El orden de magnitud de la fricción de deslizamiento puede ser estimada directamente a partir del montaje experimental. El valor absoluto de la fricción por deslizamiento está dado por la expresión:

$F_0 = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha$

con el índice de rozamiento por deslizamiento μ y la normal $F_N = m \cdot g \cdot \sin \alpha$. En el ejemplo el ángulo α entre la vertical y el eje de fricción es de unos 2° y $\mu = 0{,}12$ (índice de deslizamiento para una superficie de acero sobre acero) y se obtiene $F_0 = 20$ mN en concordancia con el resultado del modelo.

Envolventes

La disminución lineal de la amplitud de las oscilaciones con una fricción con valor absoluto constante es consecuencia de la conservación de la energía. Entre los dos puntos de inversión consecutivos $s_1 > 0$ y $s_2 < 0$, la fricción produce el trabajo $W = F_0 \cdot s_1 + (-F_0) \cdot s_2$. Como en los puntos de inversión la energía cinética es 0, en el resorte sólo están presentes las energías potenciales $1/2 \cdot D \cdot s_1^2$ y $1/2 \cdot D \cdot s_2^2$ (véase también la nota acerca del peso).

El balance energético es entonces

$1/2 \cdot D \cdot s_1^2 = 1/2 \cdot D \cdot s_2^2 + W$ ó

$W = 1/2 \cdot D \cdot (s_1^2 - s_2^2) = 1/2 \cdot D \cdot (s_1 + s_2)\,(s_1 - s_2) = F_0 \cdot (s_1 - s_2)$.

De aquí se obtiene que la diferencia de los valores absolutos de las amplitudes es $|s_1| - |s_2| = s_1 + s_2 = 2F_0/D$. Para un periodo completo, la constante de la reducción de la amplitud viene dada por $\Delta s = 4F_0/D$.

Incluso la amplitud inicial s_0 de la envolvente resulta de las constantes del modelo

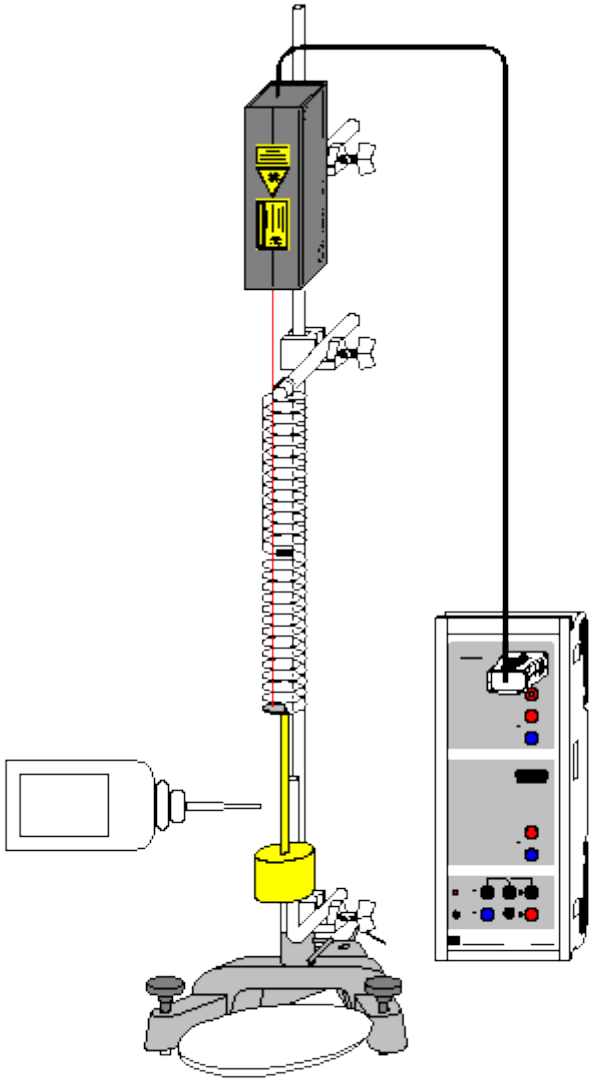
$1/2 \cdot m \cdot v_0^2 = 1/2 \cdot D \cdot s_0^2$.

Para pequeñas fricciones las ecuaciones que describen las envolventes están dadas por:

$\pm f(t) = s_0 - 4F_0/D \cdot t/T = |v_0|/\omega_0 - 4F_0/D \cdot t/(2\pi/\omega_0) = |v_0|/\omega_0 \cdot (1 - 2/\pi \cdot F_0/m/|v_0| \cdot t) = s_0 \cdot (1 - 2/\pi \cdot k \cdot t)$

donde $\omega_0 = \mathrm{sqr}(D/m)$, $s_0 = |v_0|/\omega_0$ y $k = F_0/m/|v_0|$.

Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción de lubricante (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Como suplemento al ensayo sobre oscilaciones de un péndulo de resorte el cuerpo oscilante es expuesto a una fricción F adicional producida por el rozamiento con un lubricante (Fricción de Reynolds). El valor absoluto de esta fricción es proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad, pero con la fuerza siempre dirigida en contra del movimiento. Podemos escribir entonces $F=-F_0 \cdot sqr|v/v_0| \cdot sgn(v)$. Se observa el valor absoluto F_0 de la fricción que actúa sobre el sistema con una velocidad inicial $|v_0|$. Como ecuación del modelo se tiene entonces

$s'' = a = -D/m \cdot s - F_0/m \cdot sqr|v/v_0| \cdot sgn(v)$.

El peso –m·g no se considera (véase la nota acerca del peso). Las constantes D y m corresponden a las constantes del resorte y a la masa oscilante. Como una parte del resorte también oscila, la masa oscilante es unos 20 g (=1/3 de la masa del resorte) mayor que la masa del cuerpo pendular.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento láser S	524 073
1	Varilla de soporte con rosca	309 00 335
1	Par de resortes helicoidales	352 15
1	Plato para pesas con ranura, 500 g	315 452
1	Parafina, viscosa, 100 ml	674 0800
1	Cápsula de Petri	664 183
1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Varilla de soporte, acodada en 90°	300 51
3	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Base de soporte grande, en forma de V	300 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa

Para medir la distancia recorrida también se puede usar el sensor de fuerzas S, ±50 N (524 042) en lugar del sensor de movimiento láser S. A partir de la fuerza F_{A1} medida y de la constante del resorte D se puede calcular la desviación $s_{A1}=F_{A1}/D$ usando una Fórmula.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el péndulo con el resorte grande (∅=3,5 mm). Para medir la distancia recorrida en la espira inferior del péndulo coloque un pedazo de lámina retrorreflectora de tal manera que la luz láser del sensor de movimiento incida sobre la lámina durante toda la oscilación (si es necesario coloque la lámina fuera del resorte).

El resorte especial oscila libremente y de manera estable hacia arriba o hacia abajo debido a que invierte su helicidad en el centro sin que se produzca una oscilación torsional.

El cuerpo pendular debe situarse en la posición de equilibrio, aproximadamente en el centro de la varilla de soporte doblada. Durante la oscilación se debe tener siempre una película de la parafina viscosa entre el cuerpo pendular y la varilla de soporte acodada. Como lubricante también puede usarse jabones líquidos o vaselina (675 3100) mezclada con aceite.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si todavía no desea generar un modelo durante la medición active la representación **Estándar**.
- Untar la varilla de soporte doblada con bastante parafina viscosa para que durante la medición siempre haya una película entre cuerpo pendular y varilla de soporte.
- Defina el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1, eventualmente encienda el sensor de movimiento láser S un par de minutos para que alcance su temperatura de operación).
- Desvíe el péndulo hacia abajo.
- Inicie la medición con **F9**.
- Suelte el péndulo. La medición empieza automáticamente con la primera pasada por la posición de equilibrio en s=0.

Generación del modelo

En este ejemplo se ha seleccionado las dos condiciones iniciales s(t=0)=0 y $v(t=0)=v_0$, ya que el trigger ha sido activado en el cero del recorrido. La velocidad inicial v_0, la constante del resorte D, la masa m y la constante de la fricción F_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

En la representación **Fricción** puede verse la dependencia de la fricción modelo con respecto a la velocidad.

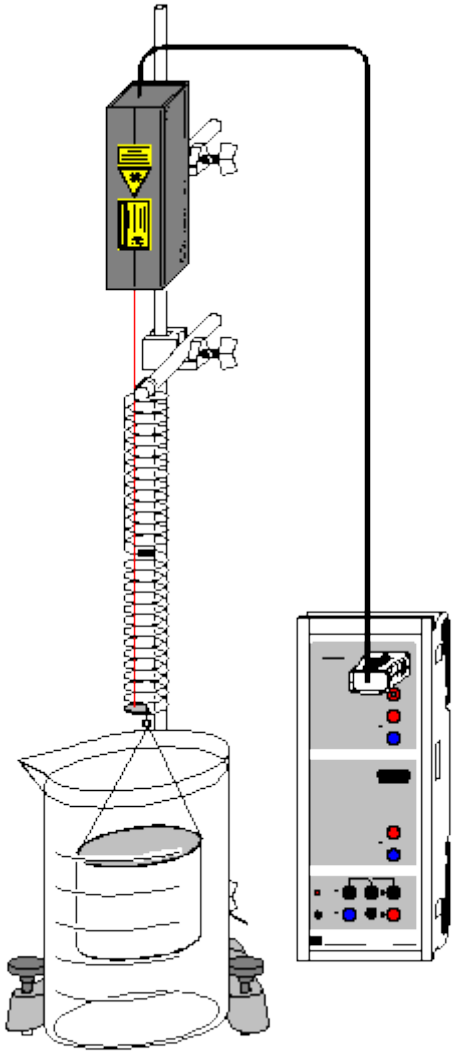
Envolventes

Para pequeñas fricciones proporcionales a la raíz cuadrada de la velocidad las ecuaciones que describen las envolventes vienen dadas por (véase Vogel, Problemas de Física, en alemán):

$\pm f(t) = |v_0|/\omega_0 \cdot (1 - 0{,}2782 \cdot F_0/m/|v_0| \cdot t)^2 = s_0 \cdot (1 - 0{,}2782 \cdot k \cdot t)^2$

donde $\omega_0 = sqr(D/m)$, $s_0 = |v_0|/\omega_0$ y $k = F_0/m/|v_0|$.

Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción laminar de líquido (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Como suplemento al ensayo sobre oscilaciones de un péndulo de resorte el cuerpo oscilante es expuesto a una fricción F adicional producida por rozamiento laminar en agua (Fricción de Stokes). El valor absoluto de esta fricción es proporcional a la velocidad, pero con la fuerza siempre dirigida en contra del movimiento. Esta puede ser descrita como $F=-F_0 \cdot v/|v_0|$. Se observa el valor absoluto F_0 de la fricción que actúa sobre el sistema con una velocidad inicial $|v_0|$. Como ecuación del modelo se tiene entonces:

$s'' = a = -D/m \cdot s - F_0/m \cdot v/|v_0|$.

El peso $-m \cdot g$ no se considera (véase la nota acerca del peso). Las constantes D y m corresponden a las constantes del resorte y a la masa oscilante. Como el agua es puesta en movimiento y una parte del resorte también oscila, la masa oscilante es mayor que la masa del cuerpo pendular.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento láser S	524 073
1	Varilla de soporte con rosca	309 00 335
1	Par de resortes helicoidales	352 15
1	Cilindro hueco para fricción con líquidos	342 11
1	Vaso, 3000 ml	664 134
1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
2	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Base de soporte grande, en forma de V	300 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa

Para medir la distancia recorrida también se puede usar el sensor de fuerzas S, ±50 N (524 042) en lugar del sensor de movimiento láser S. A partir de la fuerza F_{A1} medida y de la constante del resorte D se puede calcular la desviación $s_{A1}=F_{A1}/D$ usando una Fórmula.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el péndulo con el resorte grande (∅=3,5 mm). Para medir la distancia recorrida en la espira inferior del péndulo coloque un pedazo de lámina retrorreflectora de tal manera que la luz láser del sensor de movimiento incida sobre la lámina durante toda la oscilación (si es necesario coloque la lámina fuera del resorte).

El resorte especial oscila libremente y de manera estable hacia arriba o hacia abajo debido a que invierte su helicidad en el centro sin que se produzca una oscilación torsional.

El cilindro hueco debe estar situado en la posición de equilibrio, aproximadamente en la mitad del vaso lleno de agua. Para obtener una fricción cercanamente laminar, coloque el cilindro lo más perpendicular posible.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si todavía no desea generar un modelo durante la medición active la representación **Estándar**.
- Defina el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1, eventualmente encienda el sensor de movimiento láser S un par de minutos para que alcance su temperatura de operación).
- Desvíe el cilindro hueco hacia abajo.
- Inicie la medición con **F9**.
- Suelte el cilindro hueco. La medición empieza automáticamente con la primera pasada por la posición de equilibrio en s=0.

Generación del modelo

En este ejemplo se ha seleccionado las dos condiciones iniciales $s(t=0)=0$ y $v(t=0)=v_0$, ya que el trigger ha sido activado en el cero del recorrido. La velocidad inicial v_0, la constante del resorte D, la masa m y la constante de la fricción F_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

En la representación **Fricción** puede verse la dependencia de la fricción modelo con respecto a la velocidad.

Solución de la ecuación diferencial

A diferencia de la fricción de Coulomb, la fricción de Reynolds y la fricción de Newton la ecuación diferencial para la fricción de Stokes puede ser resuelta analíticamente. Con las condiciones iniciales $s(t=0)=0$ y $v(t=0)=v_0$ se obtiene:

$s(t) = v_0/\omega \sin(\omega \cdot t) \exp(-1/2 \cdot k \cdot t)$

donde $\omega_0=\mathrm{sqr}(D/m)$, $\omega=\mathrm{sqr}(\omega_0^2-k^2/4)$ y $k=F_0/m/|v_0|$.

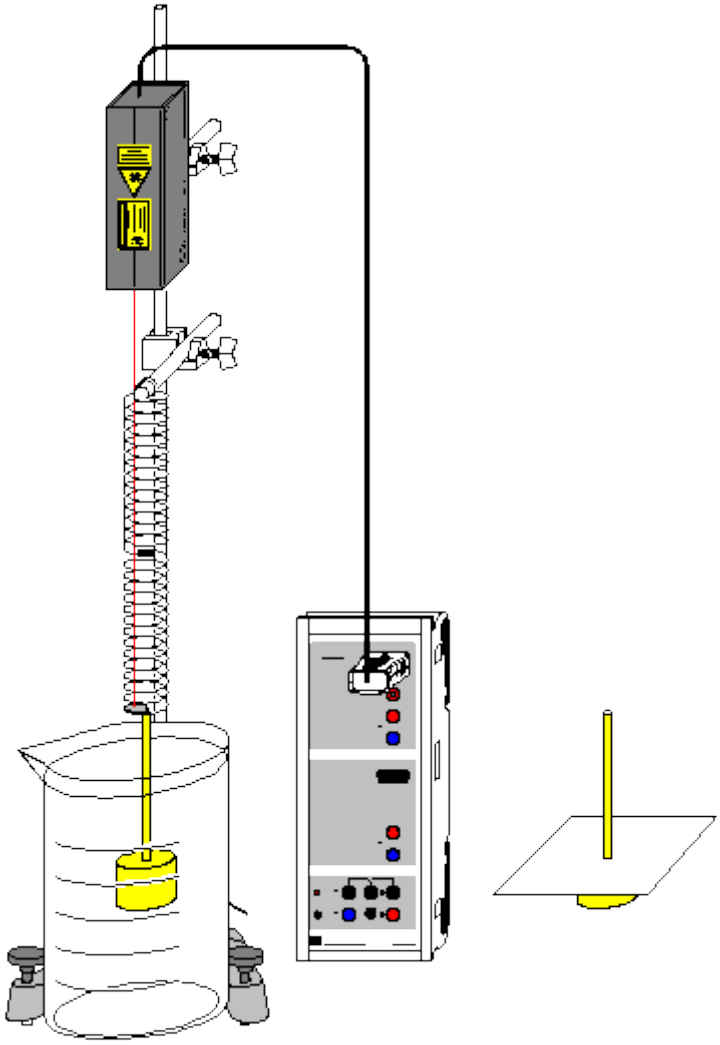
Envolventes

Las funciones que describen las envolventes con fricciones proporcionales a la velocidad están dadas por:

$\pm f(t) = s_0 \cdot \exp(-1/2 \cdot k \cdot t)$

donde $s_0 = |v_0|/\omega$.

Oscilaciones de un péndulo de resorte con fricción turbulenta de líquido / aire (con generación de modelo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Como suplemento al ensayo sobre oscilaciones de un péndulo de resorte el cuerpo oscilante es expuesto a una fricción F adicional por rozamiento turbulento de un líquido en agua o por rozamiento turbulento en aire (Fricción de Newton). El valor absoluto de esta fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad, pero con la fuerza siempre dirigida en contra del movimiento. Podemos escribir entonces $F=-F_0\cdot(v/v_0)^2\cdot\mathrm{sgn}(v)$. Se observa el valor absoluto F_0 de la fricción que actúa sobre el sistema con una velocidad inicial $|v_0|$. Como ecuación del modelo se tiene entonces:

$s'' = a = -D/m \cdot s - F_0/m\cdot(v/v_0)^2\cdot\mathrm{sgn}(v)$.

El peso $-m\cdot g$ no se considera (véase la nota acerca del peso). Las constantes D y m corresponden a las constantes del resorte y a la masa oscilante. Como el agua es puesta en movimiento y una parte del resorte también oscila, la masa oscilante es mayor que la masa del cuerpo pendular.

A partir de la constante de fricción F_0 se puede estimar el coeficiente de penetración aerodinámica (valor c_w) para el cuerpo pendular de forma cilíndrica.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento láser S	524 073
1	Varilla de soporte con rosca	309 00 335
1	Par de resortes helicoidales	352 15
1	Plato para pesas con ranura, 500 g	315 452
1	Vaso, 3000 ml	664 134
1	Varilla de soporte, 1 m	300 44
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
2	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Base de soporte grande, en forma de V	300 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativas

Para medir la distancia recorrida también se puede usar el sensor de fuerzas S, ±50 N (524 042) en lugar del sensor de movimiento láser S. A partir de la fuerza F_{A1} medida y de la constante del resorte D se puede calcular la desviación $s_{A1}=F_{A1}/D$ usando una Fórmula.

Para el estudio de la fricción del aire produzca la fricción del aire con un pliego de cartón pasándolo por el cuerpo pendular.

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el péndulo con el resorte grande (∅=3,5 mm). Para medir la distancia recorrida en la espira inferior del péndulo coloque un pedazo de lámina retrorreflectora de tal manera que la luz láser del sensor de movimiento incida sobre la lámina durante toda la oscilación (si es necesario coloque la lámina fuera del resorte).

El resorte especial oscila libremente y de manera estable hacia arriba o hacia abajo debido a que invierte su helicidad en el centro sin que se produzca una oscilación torsional.

El cuerpo pendular debe estar situado en la posición de equilibrio, aproximadamente en la mitad del vaso lleno de agua.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Si todavía no desea generar un modelo durante la medición active la representación **Estándar**.
- Defina el cero del recorrido en la posición de equilibrio del péndulo (**—> 0 <—** en Ajustes sA1, eventualmente encienda el sensor de movimiento láser S un par de minutos para que alcance su temperatura de operación).
- Desvíe el cuerpo pendular hacia abajo.
- Inicie la medición con **F9**.
- Suelte el cuerpo pendular. La medición empieza automáticamente con la primera pasada por la posición de equilibrio en s=0.

Generación del modelo

En este ejemplo se ha seleccionado las dos condiciones iniciales s(t=0)=0 y $v(t=0)=v_0$, ya que el trigger ha sido activado en el cero del recorrido. La velocidad inicial v_0, la constante del resorte D, la masa m y la constante de la fricción F_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

En la representación **Fricción** puede verse la dependencia de la fricción modelo con respecto a la velocidad.

La resistencia al avance F_L en el líquido para un cuerpo pendular que se encuentra en la corriente está dado por:

$$F_L = c_w \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A = F_0 \cdot (v/v_0)^2$$

donde c_w es el coeficiente de penetración aerodinámica, $p=1/2\cdot\rho\cdot v^2$ es la presión de retención y $A=\pi\cdot r^2$ es la superficie de retención. El coeficiente de penetración aerodinámica es la relación entre la fuerza medida respecto a la fuerza dinámica $p\cdot A$. Se obtiene entonces:

$c_w = 2F_0/v_0^2/(\rho\cdot A)$.

En el ejemplo r = 2,5 cm y ρ = 1 g/cm³, esto es, $\rho\cdot A$ = 1,96 kg/m. En el modelo resulta F_0 = 0,1828 N y v_0 = 0,325 m/s. Con ello c_w = 1,7.

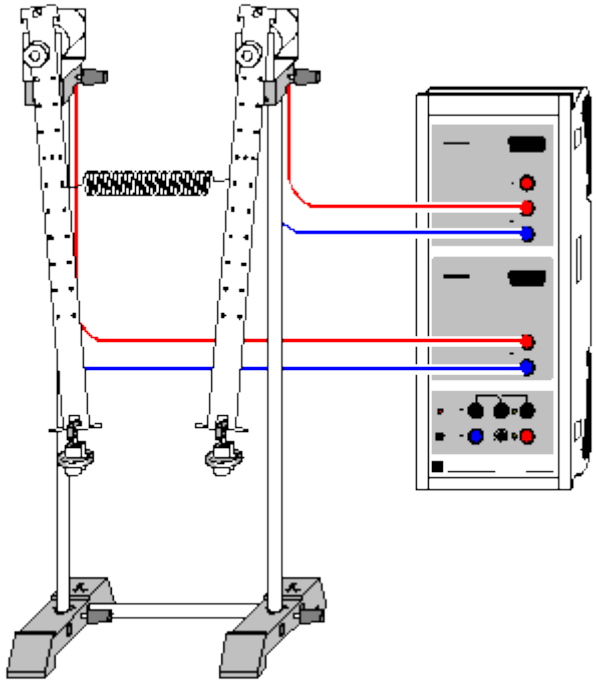
Envolventes

Para pequeñas fricciones proporcionales al cuadrado de la velocidad las funciones que describen las envolventes vienen dadas por (véase Vogel, Problemas de Física, en alemán):

$\pm f(t) = |v_0|\cdot sqr(m/D)/(1+4/3\pi\cdot F_0/m/|v_0|\cdot t) = s_0/(1+4/3\pi\cdot k\cdot t)$

donde $\omega_0=sqr(D/m)$, $s_0=|v_0|/\omega_0$ y $k=F_0/m/|v_0|$.

Péndulos acoplados con dos generadores tacométricos



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Dos péndulos acoplados oscilan con la misma fase con la frecuencia f_1, cuando estos son desviados la misma distancia a partir de la posición en reposo. Si el segundo péndulo es desviado en dirección opuesta, el péndulo oscila en contrafase con la frecuencia f_2. Si se desvía sólo un péndulo, se genera una oscilación acoplada con la frecuencia

$f_n = ½ (f_1 + f_2)$

en la cual la energía de oscilación entre ambos péndulos es transferida de uno al otro. El primer péndulo deviene en reposo después de un determinado tiempo, mientras que el otro alcanza simultáneamente su mayor amplitud. El tiempo entre el reposo instantáneo de un péndulo al próximo se denota T_s. Para la frecuencia de batido respectiva se cumple

$f_s = | f_1 – f_2 |$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Par de péndulos de barra	346 03
1	Juego de pesas	340 85
2	Asas de soporte fijable	314 04
1	Resorte helicoidal, 3 N/m	352 10
2	Generadores tacométricos STE	579 43
2	Bloques de soporte	301 25
1	Varilla de soporte, 25 cm, d=10 mm	301 26
2	Varillas de soporte, 50 cm, d=10 mm	301 27
2	Bases de soporte MF	301 21
2	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El movimiento de los péndulos es transmitido a los generadores tacométricos. La tensión de los generadores tacométricos se mide en las entradas A y B del Sensor-CASSY. Para la variación del acoplamiento el resorte de acoplamiento puede ser colocado a diferentes alturas.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Inicie la medición con **F9** y desvíe ambos péndulos con la misma fase (la medición se detiene después de 30 s).
- Inicie la medición con **F9** y desvíe ambos péndulos en contrafase (la medición se detiene después de 30 s).
- Inicie la medición con **F9** y solo desvíe el primer péndulo (la medición se detiene después de 30 s).

Evaluación

En la representación **Oscilaciones propias** (hacer un clic con el ratón) se representan ambas oscilaciones

$U_+ = U_A + U_B$

$U_- = U_A - U_B$

En la excitación con la misma fase oscila sólo U_+ con la frecuencia f_1, en contrafase sólo U_- con la frecuencia f_2. Sólo después de que solo el primero ha sido impulsado el sistema oscila con ambas frecuencias propias y genera con ello un batido típico en la representación **Estándar**.

Como ayuda para la determinación de la frecuencia de batido f_s y de la nueva frecuencia de oscilación f_n es apropiado por ej. utilice líneas verticales de marcación o la medición de la diferencia (para elevar la precisión en la determinación de la frecuencia de oscilación f_n se recomienda hacer un promedio sobre varios periodos).

En el ejemplo resultaron $f_1 = 0{,}875$ Hz, $f_2 = 0{,}986$ Hz, $f_n = 0{,}93$ Hz, $f_s = 0{,}11$ Hz que confirma muy bien lo que se estipula en la teoría $f_n = ½ (f_1 + f_2) = 0{,}93$ Hz y $f_s = | f_1 - f_2 | = 0{,}11$ Hz.

En el **Espectro de frecuencias** se puede comparar las frecuencias y amplitudes de U_+, U_- y U_A entre sí. Para determinar las frecuencias el método más simple consiste en utilizar el cálculo del centro del pico.

Teoría

Utilizando las aproximaciones apropiadas, las ecuaciones de movimiento del cuerpo del péndulo son las siguientes (pequeñas desviaciones, masa despreciable del resorte de acople y de la barra del péndulo, no hay amortiguación):

$F_1 = ma_1 = -Dx_1 + C(x_2 - x_1)$
$F_2 = ma_2 = -Dx_2 - C(x_2 - x_1)$

$-Dx_i$ (con $D = mg/l$) la fuerza de reposición de un péndulo individual y $C(x_2 - x_1)$ describe la fuerza a través del acoplamiento entre ambos péndulos. Como solución se obtiene la superposición

$x(t) = A \cos(\omega_1 \cdot t) + B \cos(\omega_2 \cdot t)$

con las frecuencias fundamentales ω_1 y ω_2. Las condiciones especiales iniciales suministran los valores para A y B:

La excitación en fase suministra $A = x_0$, $B = 0$ (oscilación armónica con ω_1)
La excitación en contrafase suministra $A = 0$, $B = x_0$ (oscilación armónica con ω_2)
La desviación de uno de los péndulos suministra $A = B = ½ x_0$.

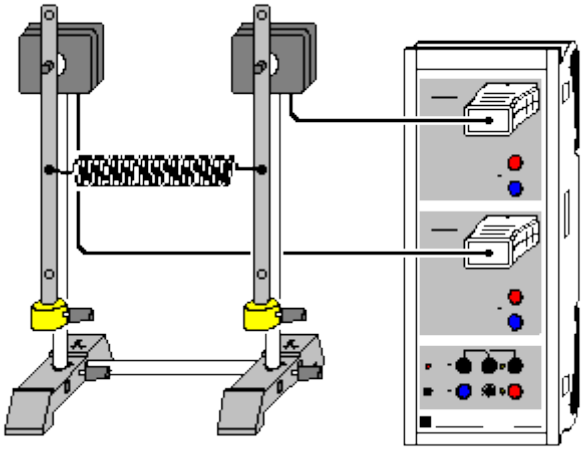
En el último caso es válido

$x(t) = ½ x_0 (\cos(\omega_1 \cdot t) + \cos(\omega_2 \cdot t)) = x_0 \cos(½ \omega_s \cdot t) \cos(\omega_n \cdot t)$

con $\omega_s = | \omega_1 - \omega_2 |$ y $\omega_n = ½ (\omega_1 + \omega_2)$ o $f_s = | f_1 - f_2 |$ y $f_n = ½ (f_1 + f_2)$.

Si la desviación de ambas frecuencias f_1 y f_2 es pequeña, esta ecuación describe una oscilación de la frecuencia f_n, que está modulada con la frecuencia f_s que es más lenta – esto es, un batido.

Péndulos acoplados con dos sensores de giro



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Dos péndulos acoplados oscilan con la misma fase con la frecuencia f_1, cuando estos son desviados la misma distancia a partir de la posición en reposo. Si el segundo péndulo es desviado en dirección opuesta, el péndulo oscila en contrafase con la frecuencia f_2. Si se desvía sólo un péndulo, se genera una oscilación acoplada con la frecuencia

$f_n = ½ (f_1 + f_2)$

en la cual la energía de oscilación entre ambos péndulos es transferida de uno al otro. El primer péndulo deviene en reposo después de un determinado tiempo, mientras que el otro alcanza simultáneamente su mayor amplitud. El tiempo entre el reposo instantáneo de un péndulo al próximo se denota T_s. Para la frecuencia de batido respectiva se cumple

$f_s = | f_1 – f_2 |$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
2	Sensores de giro S	524 082
2	Péndulos físicos	346 20
1	Resorte helicoidal, 3 N/m	352 10
1	Varilla de soporte, 25 cm, d = 10 mm	301 26
2	Bases de soporte MF	301 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Los péndulos se atornillan en el eje de los sensores de giro y las pesas en el extremo inferior de los péndulos. Para variar el acoplamiento el resorte puede ser colocado a diferentes alturas.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Defina el cero de la posición de equilibrio de los péndulos (**—> 0 <—** en Ajustes αA1 y αB1).
- Inicie la medición con **F9** y desvíe ambos péndulos con la misma fase (la medición se detiene después de 40 s).
- Inicie la medición con **F9** y desvíe ambos péndulos en contrafase (la medición se detiene después de 40 s).
- Inicie la medición con **F9** y solo desvíe el primer péndulo (la medición se detiene después de 40 s).

Evaluación

En la representación **Oscilaciones propias** (hacer un clic con el ratón) se representan ambas oscilaciones

$\alpha_+ = \alpha_A + \alpha_B$

$\alpha_- = \alpha_A - \alpha_B$

En la excitación con la misma fase oscila sólo α_+ con la frecuencia f_1, en contrafase sólo α_- con la frecuencia f_2. Sólo después de que solo el primero ha sido impulsado el sistema oscila con ambas frecuencias propias y genera con ello un batido típico en la representación **Estándar**.

Como ayuda para la determinación de la frecuencia de batido f_s y de la nueva frecuencia de oscilación f_n es apropiado por ej. utilice líneas verticales de marcación o la medición de la diferencia (para elevar la precisión en la determinación de la frecuencia de oscilación f_n se recomienda hacer un promedio sobre varios periodos).

En el ejemplo resultaron f_1 = 1,059 Hz, f_2 = 1,151 Hz, f_n = 1,097 Hz, f_s = 0,092 Hz que confirma muy bien lo que se estipula en la teoría $f_n = ½ (f_1 + f_2)$ = 1,105 Hz y $f_s = | f_1 - f_2 |$ = 0,092 Hz.

En el **Espectro de frecuencias** se puede comparar las frecuencias y amplitudes de α_+, α_- y α_A entre sí. Para determinar las frecuencias el método más simple consiste en utilizar el cálculo del centro del pico.

Teoría

Utilizando las aproximaciones apropiadas, las ecuaciones de movimiento del cuerpo del péndulo son las siguientes (pequeñas desviaciones, masa despreciable del resorte de acople y de la barra del péndulo, no hay amortiguación):

$F_1 = ma_1 = -Dx_1 + C(x_2 - x_1)$
$F_2 = ma_2 = -Dx_2 - C(x_2 - x_1)$

$-Dx_i$ (con D = mg/l) la fuerza de reposición de un péndulo individual y $C(x_2 - x_1)$ describe la fuerza a través del acoplamiento entre ambos péndulos. Como solución se obtiene la superposición

$x(t) = A \cos(\omega_1 \cdot t) + B \cos(\omega_2 \cdot t)$

con las frecuencias fundamentales ω_1 y ω_2. Las condiciones especiales iniciales suministran los valores para A y B:

La excitación en fase suministra A = x_0, B = 0 (oscilación armónica con ω_1)
La excitación en contrafase suministra A = 0, B = x_0 (oscilación armónica con ω_2)
La desviación de uno de los péndulos suministra A = B = ½ x_0.

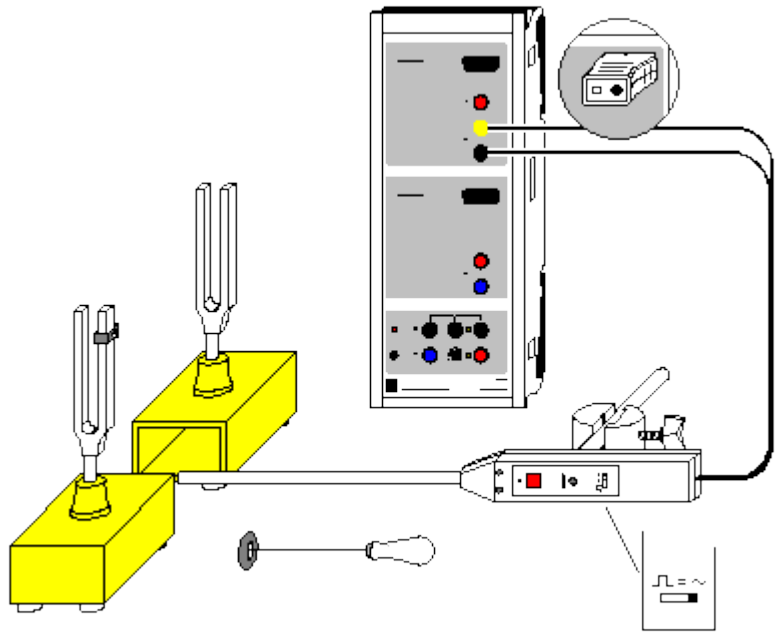
En el último caso es válido

$x(t) = ½ x_0 (\cos(\omega_1 \cdot t) + \cos(\omega_2 \cdot t)) = x_0 \cos(½ \omega_s \cdot t) \cos(\omega_n \cdot t)$

con $\omega_s = | \omega_1 - \omega_2 |$ y $\omega_n = ½ (\omega_1 + \omega_2)$ o $f_s = | f_1 - f_2 |$ y $f_n = ½ (f_1 + f_2)$.

Si la desviación de ambas frecuencias f_1 y f_2 es pequeña, esta ecuación describe una oscilación de la frecuencia f_n, que está modulada con la frecuencia f_s que es más lenta – esto es, un batido.

Pulsaciones acústicas



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se registra el batido generado por dos diapasones con frecuencias propias ligeramente diferentes. Se determinan las frecuencias individuales f_1 y f_2, la nueva frecuencia f_n y la frecuencia f_s y después se las compara con los valores teóricos obtenidos de las expresiones

$f_n = ½ (f_1 + f_2)$ y $f_s = | f_1 – f_2 |$

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Micrófono universal con base cilíndrica o	586 26 300 11
1	Micrófono S	524 059
1	Par de diapasones de resonancia	414 72
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque al micrófono universal (no olvide de poner al conmutador de funciones en el modo de operación "Signal" y tampoco de encenderlo) entre ambos diapasones y conéctelo a la entrada A del Sensor-CASSY. Uno de los diapasones debe ser puesto desviado ligeramente fuera de su frecuencia propia (desafinado) mediante una masa adicional.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Dé un golpecito al primer diapasón e inicie la medición con **F9**.
- Optimice la intensidad de la señal con un ajustador en el micrófono.

- Determine la frecuencia f_1 (por ej. por medio de líneas verticales de marcación en la representación **Estándar** o como centro del pico en el **Espectro de frecuencias**).
- Borre la medición con **F4**.
- Golpee los dos diapasones e inicie la medición con **F9**.
- Determine la frecuencia f_2.
- Borre la medición con **F4**.
- Golpee ambos diapasones en lo posible con la misma intensidad e inicie la medición con **F9**.

Evaluación

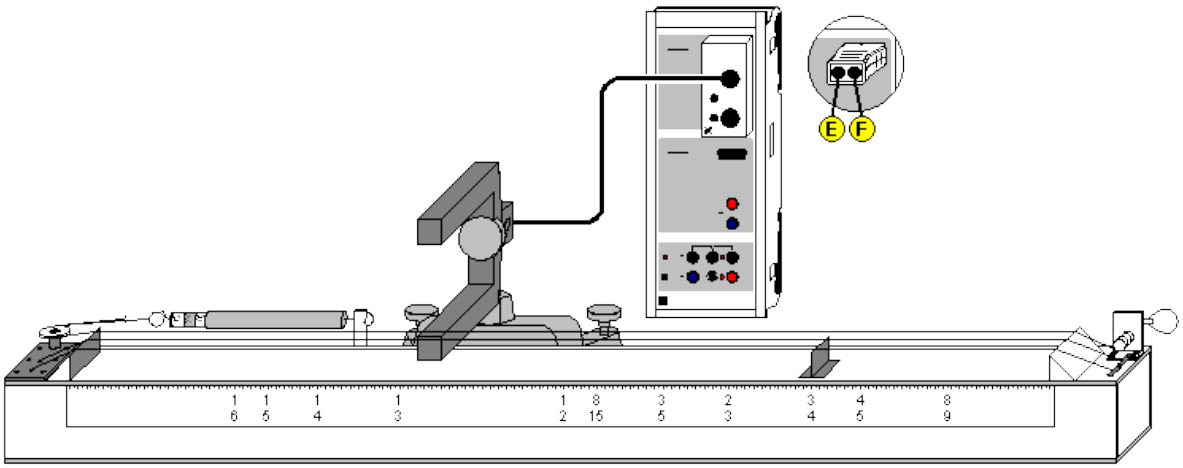
Si las amplitudes de ambos diapasones son iguales, en las pulsaciones se forman muy bien nodos y vientres. La frecuencia de pulsación f_s resulta del intervalo T_s entre dos nodos, de modo que $f_s = 1/T_s$.

Para una buena precisión en la determinación del nuevo periodo de oscilación T_n es conveniente promediar unos 10 periodos y luego de ello determinar la nueva frecuencia de oscilación como $f_n = 1/T_n$. Como herramienta de ayuda para la determinación de las diferencias de tiempo es apropiada por ej. las líneas verticales de marcación o la medir diferencia directa.

En el ejemplo se obtiene $f_1 = 425$ Hz, $f_2 = 440$ Hz, $f_n = 433$ Hz, $f_s = 14{,}5$ Hz y con ello se confirma bien la teoría $f_n = ½ (f_1 + f_2) = 432{,}5$ Hz y $f_s = | f_1 – f_2 | = 15$ Hz.

En el **Espectro de frecuencias** (hacer un clic con el ratón) se pueden leer las dos frecuencias f_1 y f_2 de los diapasones y sus amplitudes. La manera más simple de determinar las frecuencias es con la opción centro del pico.

Oscilaciones de una cuerda



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En una cuerda tensa, para la oscilación fundamental, el largo de la cuerda L es igual a la mitad de la longitud de onda, esto es: $L = \lambda/2$. De aquí que para la frecuencia f del tono fundamental de la cuerda se cumple:

$f = c/(2L)$,

en donde c es la velocidad de fase de la cuerda. Esta velocidad de fase depende de la tensión F, la sección transversal A y la densidad ρ, lo que puede describirse mediante la siguiente relación:

$c^2 = F/(A\rho)$

En este ensayo se estudia la frecuencia de oscilación f y con ello la altura del tono de la cuerda en función del largo de cuerda L y de la fuerza tensora F. Con tal propósito CASSY sirve como cronómetro de alta resolución para medir el periodo T y para confirmar las relaciones $f^2 \sim F$ y $f \sim 1/L$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Barrera de luz, infrarroja	337 46
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Monocordio	414 01
1	Dinamómetro de precisión, 100 N	314 201
1	Base de soporte pequeña, en V	300 02
1	Varilla de soporte, 10 cm	300 40
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Mordaza Leybold	301 01
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Para medir el periodo T se utiliza una barrera de luz. Esta debe ser colocada entre el cuerpo de resonancia de madera del monocordio y la cuerda y conectada a la entrada A del Sensor-CASSY mediante un cable de 6 polos a través de la unidad Timer.

Nota para el experimento

La determinación clara del periodo T se consigue cuando la posición de reposo determina las pasadas de la cuerda. Para ello la cuerda deberá ser posicionada de tal forma que el diodo rojo

luminoso lateral de la barrera de luz no ilumine cuando la cuerda se encuentra en reposo. La barrera de luz tiene dos pequeñas aberturas para el rayo infrarrojo. Los mejores resultados se consiguen cuando la cuerda está posicionada directamente sobre la más pequeña de las dos aberturas (eventualmente se tiene que dar vuelta a la barrera de luz).

Para hacer que la cuerda vibre hay que tirar de ella con el dedo, en lo posible en paralelo a la superficie del cuerpo de resonancia.

La medición de la fuerza tensora F debe hacerse manualmente con el dinamómetro de precisión. Para ello reemplace el gancho por el del dinamómetro. En el monocordio puede variarse la tensión de la cuerda por medio de una clavija. En el primer ensayo se obtienen los mejores resultados cuando se consigue una tensión de cuerda de 100 N y luego se hace la medición de mayor a menor tensión de cuerda.

En la medición con largo de cuerda variable L, la variación del largo de cuerda se obtiene desplazando el puente. Al tirar la cuerda con la otra mano mantenga fija la parte de la cuerda que no oscila. Para una medición óptima del periodo T coloque la barrera de luz, cada vez, en la mitad de la parte oscilante de la cuerda.

Realización del ensayo

a) Tensión variable

- Cargar ajustes
- Ajuste la fuerza tensora F deseada girando la clavija.
- Ingrese la fuerza tensora F indicada en el dinamómetro en la columna de la tabla ya preparada.
- Coloque la barrera de luz debajo de la cuerda en reposo y verifique que el diodo luminoso no ilumine; en caso necesario vuelva a colocar la barrera de luz.
- Haga oscilar la cuerda tocándola con un dedo (el diodo luminoso ilumina cuando la cuerda oscila) e inmediatamente después copie el dato indicado hacia la tabla con la tecla **F9**.

b) Largo de cuerda variable

- Cargar ajustes
- Ajuste el largo de la cuerda posicionando el puente.
- Lea el largo de la cuerda e ingréselo en la columna ya preparada de la tabla.
- Verifique que el diodo luminoso rojo no ilumine; en caso necesario vuelva a posicionar la barrera de luz.
- Toque la cuerda con un dedo (el diodo luminoso ilumina cuando la cuerda oscila) e inmediatamente después copie el dato indicado hacia la tabla con la tecla **F9**.

Evaluación

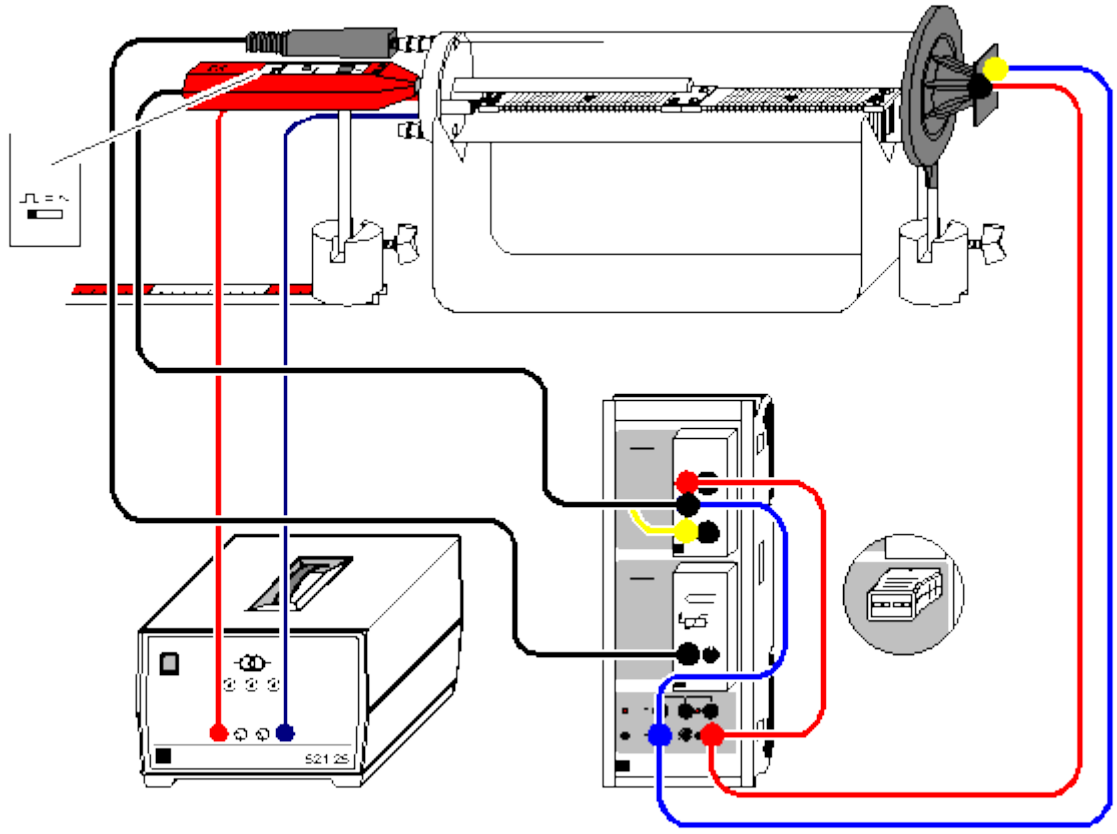
a) Tensión variable

Durante la medición ya aparecen los diagramas T(F) y f(F). En la representación ya preparada **Evaluación** se ha representado el cuadrado de la frecuencia f en función de la tensión F. El ajuste con una recta que pasa por el origen (botón derecho del ratón) confirma la relación $f^2 \sim F$. Es decir, la altura del tono y con ello la frecuencia de una cuerda oscilante aumenta al aumentar la tensión de la cuerda. Del mismo modo la altura del tono de una cuerda disminuye al disminuir la tensión de la cuerda.

b) Variación del largo de cuerda

Durante la medición aparecen los diagramas T(L) y f(L). En la representación ya preparada **Evaluación** se ha representado la frecuencia f en función de 1/L. El ajuste con una recta que pasa por el origen (botón derecho del ratón) confirma la relación $f \sim 1/L$. Es decir, la altura del tono y con ello la frecuencia de una cuerda oscilante aumenta al disminuir el largo de la cuerda.

Velocidad del sonido en el aire



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el ensayo se determina la velocidad de propagación de un pulso de sonido, y con ello la velocidad del sonido ya que aquí la velocidad de grupo y la velocidad de fase concuerdan. El pulso de sonido es generado moviendo abruptamente la membrana de un altavoz por medio de un flanco de tensión escarpado; este movimiento produce una fluctuación de presión en el aire. A cierta distancia del altavoz el impulso de sonido es registrado con un micrófono.

Para determinar la velocidad del sonido c se mide el tiempo t entre la generación de pulsos en el altavoz y el registro en el micrófono. Como el lugar exacto de inicio del pulso de sonido en el altavoz no se puede determinar directamente se llevan a cabo dos mediciones, en las cuales en una de ellas el micrófono se encuentra en el lugar s_1 y en la otra en el lugar s_2. La velocidad del sonido resulta de la diferencia de desplazamientos $\Delta s = s_1 - s_2$ y la diferencia de tiempos transcurrido respectiva $\Delta t = t_1 - t_2$, de aquí se obtiene $c = \Delta s/\Delta t$.

En el aparato de medición de la velocidad del sonido se puede elevar la temperatura del aire mediante un radiador, al mismo tiempo se ha minimizado las influencias perturbadoras de los alrededores como las diferencias de temperatura y convecciones de aire. En este sistema la presión p permanece constante (presión real del ambiente). Cuando la temperatura T aumenta la densidad ρ disminuye, y la velocidad del sonido c es mayor.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer	524 034
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 193
1	Adaptador de NiCr-Ni S	524 0673

1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Aparato para la velocidad del sonido	413 60
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Altavoz para altas audiofrecuencias	587 07
1	Micrófono universal	586 26
1	Transformador 12 V, 3,5 A, por ej.	521 25
1	Escala metálica, 0,5 m	460 97
2	Bases cilíndricas	300 11
1	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
2	Pares de cables, 100 cm, rojos y azules	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Conecte el radiador del aparato "Velocidad del sonido" en el tubo de plástico en las clavijas de conexión situadas en la tapa.
- Coloque el tubo de plástico sobre el soporte para bobinas y tubos e introduzca el altavoz de tal manera que el tubo de plástico esté lo más sellado posible.
- Introduzca el micrófono universal aproximadamente 1 cm, en el taladro central de la tapa y oriéntelo de tal forma que al desplazarlo su movimiento sea paralelo al tubo de plástico. Ponga el conmutador de funciones del micrófono universal en el modo de operación "Trigger" y no olvide de encenderlo.
- Ponga la escala metálica directamente debajo del zócalo.
- Conecte la unidad Timer en la entrada A y la unidad Temperatura en la entrada B del Sensor-CASSY y realice la conexión conforme al esquema; ajuste la fuente de tensión S a la tensión de salida máxima.

Instrucciones de seguridad

El tubo de plástico del aparato Velocidad del sonido puede ser dañado térmicamente.

- No caliente con temperaturas mayores de 80 °C.
- No sobrepase la tensión máxima admisible de 25 V (aprox. 5 A) para el filamento de calentamiento.

Realización del ensayo

a) Medición a temperatura ambiente

- Cargar ajustes
- Guarde varias mediciones individuales con **F9**.
- Introduzca completamente el micrófono universal en el tubo de plástico y lea la distancia desplazada Δs en la escala metálica.
- Guarde varias mediciones individuales con **F9**.
- Determine la velocidad del sonido mediante $c = \Delta s/\Delta t$ (valor medio de los tiempos transcurridos en el diagrama mediante trazar **Valor medio de intervalos**).

b) Medición en función de la temperatura

- Cargar ajustes
- Retire nuevamente el micrófono universal.
- Determine nuevamente a temperatura ambiente el tiempo transcurrido Δt_{A1} y con la velocidad del sonido c ya determinada calcule la distancia $s=c\cdot\Delta t_{A1}$ entre micrófono y altavoz y escríbala en la tabla (haga un clic sobre la primera celda de la tabla de la columna s).
- Conecte el filamento de calentamiento a una tensión de alimentación (12 V / aprox. 3,5 A) a través de las hembrillas situadas en la tapa del aparato Velocidad del sonido.
- Cuando la temperatura aumenta guarde los tiempos transcurridos actuales con **F9** (por ej. cada 5 °C).

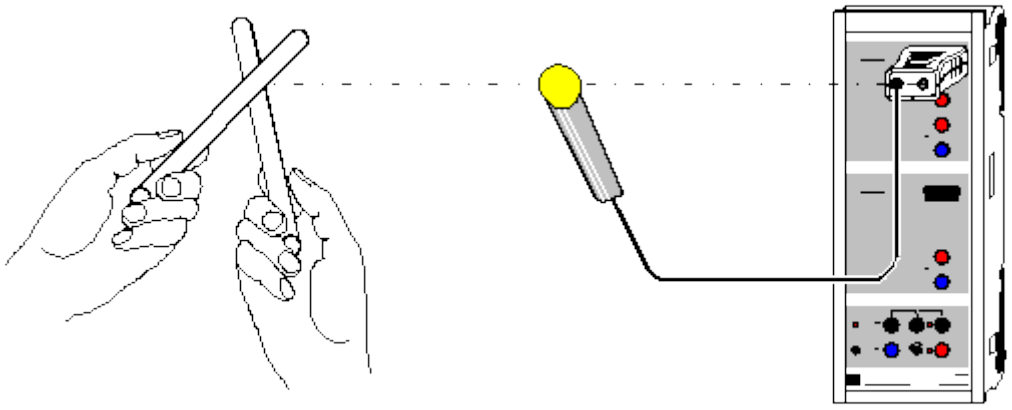
Evaluación

Después que la velocidad del sonido ha sido determinada a temperatura ambiente en a) y con ello la distancia s entre micrófono y altavoz en b), el software calcula simultáneamente para cada tiempo transcurrido Δt_{A1} la velocidad del sonido c respectiva. En la representación **Temperatura** se

representa incluso durante la medición las velocidades del sonido en función de la temperatura. Con un ajuste con recta se confirma el valor que se da en la literatura:

$c = (331{,}3 + 0{,}6 \cdot \vartheta/°C)$ m/s

Velocidad del sonido en el aire con dos micrófonos



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cuando el Pocket-CASSY está conectado a ordenadores antiguos puede suceder que el pulso de parada no sea reconocido a tiempo. Se recomienda reducir la distancia entre ambos micrófonos o utilizar un ordenador de última generación con Windows XP/Vista.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el ensayo se determina la velocidad de propagación de un impulso sonoro, y con ello – como la velocidad de grupo y la velocidad de fase concuerdan – la velocidad del sonido. El impulso sonoro se genera en el golpe entre dos varillas de soporte. Esto produce la fluctuación de presión en el aire. El impulso sonoro queda registrado por los dos micrófonos, uno tras otro, separados por una distancia Δs.

Para determinar la velocidad del sonido c se mide el tiempo Δt entre ambos registros en los micrófonos. La velocidad del sonido resulta de la diferencia de recorrido Δs y de la diferencia de tiempo transcurrido respectiva Δt, esto es: $c = \Delta s/\Delta t$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Micrófono S	524 059
1	Regla de madera	311 03
2	Varillas de soporte, 47 cm	300 42
1	Micrófono de condensador con conector jack de 3,5 mm, por ej. de una tienda de componentes electrónicos	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El micrófono externo debe ser montado a una distancia de Δs = 0,50 m del micrófono interno. Tenga en cuenta que en la generación del sonido mediante las varillas de soporte la fuente sonora se encuentre en la prolongación directa de la línea entre los dos micrófonos. Además, el acoplamiento sonoro sobre la mesa debe ser lo mínimo posible, ya que de otro modo se podría medir velocidades demasiado altas.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9**.

- Realice algunas mediciones golpeando las varillas entre si. Al mismo tiempo se debe evitar ruidos en el ambiente para no perturbar la medición.
- Pare la medición con **F9.**
- Aumente la distancia Δs entre los dos micrófonos.
- Repita la medición.

Evaluación

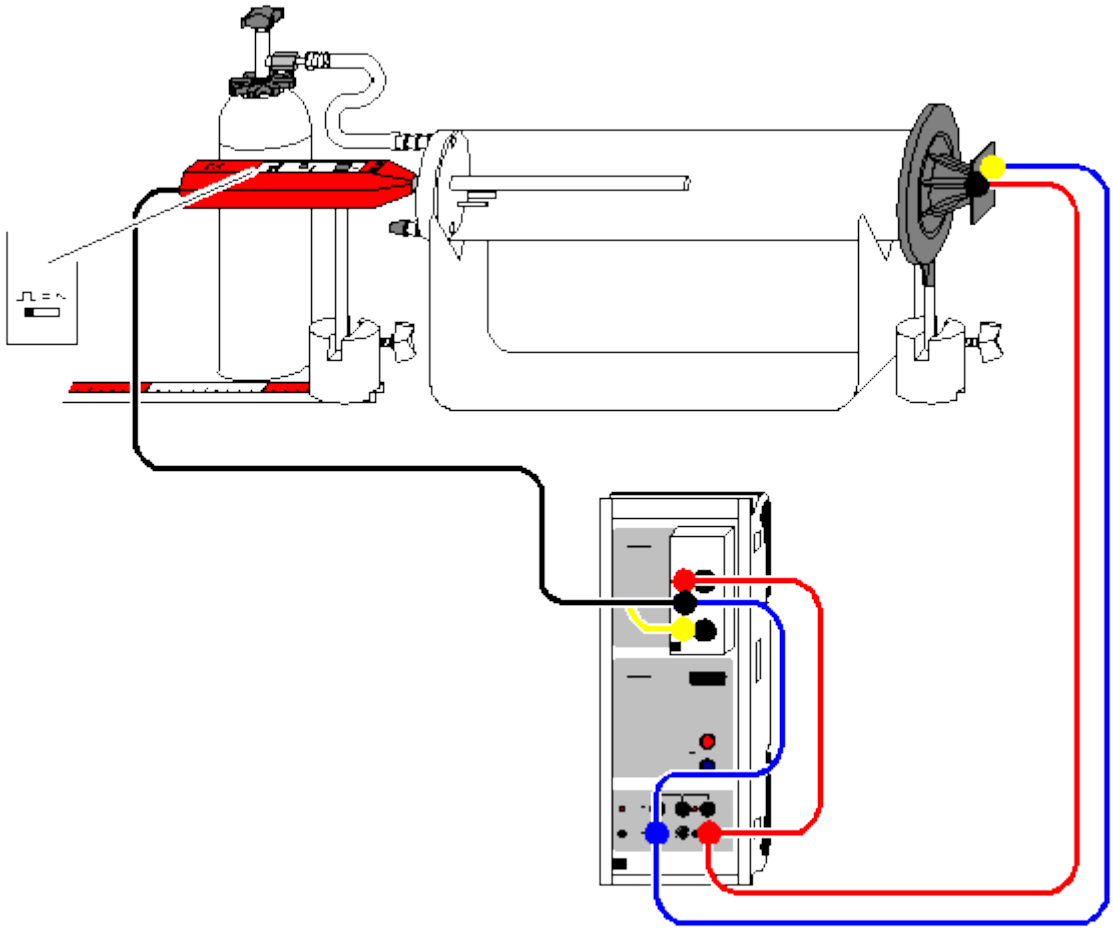
Durante la medición los ruidos en el ambiente pueden alterar las mediciones. Borre estas mediciones, simplemente haciendo un clic sobre el dato falso en el diagrama y bórrelo (Tecla de Retroceso).

Por último determine los tiempos transcurridos en el diagrama mediante **Valor medio de intervalos**. Cada valor medio puede ser tomado directamente después de su cálculo en la representación **Velocidad del sonido** (haga un clic con el ratón), arrastrando desde la línea de estado en la nueva tabla (drag & drop).

Además la distancia respectiva Δs entre ambos micrófonos ingresa en la respectiva columna. Se obtiene así un diagrama Δs(Δt), cuya línea recta tiene la pendiente c = Δs/Δt.

A la temperatura ambiente resulta una velocidad del sonido c = 346 m/s aproximadamente.

Velocidad del sonido en gases



Cargar ejemplo

Tener cuidado al manipular la botella de gas comprimido Minican

- El recipiente se encuentra bajo presión; para la toma de gas sólo utilice la válvula fina de regulación (660 980).
- Proteja el recipiente de la irradiación solar o calentamiento por encima de los 50 °C.
- No forzar el recipiente para abrirlo.
- Evacue el recipiente sólo cuando esté completamente vacío.
- Nunca trate de volver a llenar el recipiente.

Descripción del ensayo

En este ensayo se determina la velocidad de propagación de un pulso de sonido en el dióxido de carbono y en los gases nobles helio y neón. Como las ondas sonoras en gases sólo muestran una reducida dispersión, es decir, como en la propagación del sonido en gases las velocidades de grupo y fase concuerdan en buena aproximación, en el ensayo se puede determinar la velocidad del sonido c simplemente a partir de la velocidad de propagación de un pulso de sonido:

$c^2 = p\,\kappa/\rho \quad \text{con} \quad \kappa = C_p/C_V$

κ: Exponente adiabático
ρ: Densidad
p: Presión
C_p, C_V: Capacidad calorífica específica

El pulso de sonido es generado con el flanco escarpado de un pulso de tensión que excita la membrana de un altavoz. Este movimiento de la membrana produce una fluctuación de presión en el gas que puede ser registrada con un micrófono.

Para determinar la velocidad del sonido c en un medio gaseoso se mide el tiempo transcurrido t entre la generación del pulso en el altavoz y el registro en el micrófono. Como no se puede medir directamente el lugar de inicio del pulso de sonido en el altavoz, primero se tiene que determinar la velocidad del sonido c_{aire} en el aire para poder obtener a su vez la distancia efectiva de medición. Esto requiere medir los tiempos transcurridos: primeramente el micrófono deberá ser colocado en el lugar s_{A1} y luego en el lugar s_{A2}. A partir de la diferencia de las distancias $\Delta s = s_{A1}-s_{A2}$ y de la diferencia de tiempos transcurridos respectivos $\Delta t = t_1-t_2$ resulta la velocidad del sonido en el aire $c_{aire} = \Delta s/\Delta t$. De aquí se determinar la distancia efectiva $s_{eff} = c_{aire} \cdot t_1$ para el lugar s_{A1}, lo cual permite la medición directa de la velocidad del sonido en un gas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer	524 034
1	Aparato para la velocidad del sonido	413 60
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Altavoz para altas audiofrecuencias	587 07
1	Micrófono universal	586 26
1	Escala metálica, 0,5 m	460 97
2	Bases cilíndricas	300 11
1	Botella de gas comprimido Minican, CO_2	660 999
1	Botella de gas comprimido Minican, He	660 984
1	Botella de gas comprimido Minican, Ne	660 985
1	Válvula reguladoras de gas (Minican)	660 980
1	Manguera de silicona, 7 x 1,5 mm, 1 m	667 194
1	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Coloque el tubo de plástico (sin radiador) sobre el soporte de tubos y bobinas y gírelo hasta que las dos boquillas de mangueras se encuentren verticalmente una encima de la otra.
- Acerque el altavoz al tubo de plástico de tal forma que el tubo quede cerrado lo más herméticamente posible.
- Introduzca el micrófono universal en el taladro del centro a 1 cm y oriéntelo de tal forma que al desplazarlo se mueva en paralelo al tubo de plástico. Ponga el conmutador de funciones del micrófono al modo de operación "Trigger" y no olvide encenderlo.
- Coloque la regla metálica debajo de la base.
- Conecte la unidad Timer a la entrada A del Sensor-CASSY y realice la conexión tal como se muestra en el esquema del ensayo; ajuste la fuente de tensión S a la tensión de salida máxima.

Nota para el experimento

Para evitar una pérdida no deseada de gas, gire la rueda de mano de la válvula de regulación fina hacia la derecha hasta el tope, antes que la válvula de regulación sea atornillada a la botella de gas comprimido.

Los gases pueden escapar por cualquier lugar no hermético del aparato de medición y falsear los resultados; por ello se recomienda que desplace lo más cerca posible el altavoz al tubo de plástico.

Para llenar dióxido de carbono inserte la manguera de silicona a la boquilla inferior del tubo de plástico. Con esto se consigue un intercambio casi completo de gases, ya que al llenar el tubo con dióxido de carbono, el aire, más liviano, es expulsado por la boquilla superior. Similarmente se debe proceder con los gases nobles helio y neón pero de manera inversa: suministrar helio o neón por la boquilla superior, de tal forma que el aire, más pesado, sea expulsado por la boquilla inferior.

Para las mediciones con helio y neón hay que tener en cuenta la liviandad y volatilidad de estos gases, a que como el aparato de medición no es absolutamente hermético, una parte del gas escapa. Una componente de aire relativamente alta puede falsear las mediciones, por ello es recomendable realizar las mediciones con rapidez.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

En primer lugar hay que determinar la distancia efectiva s_{eff}:

- Introduzca el micrófono universal aproximadamente 1 cm dentro del tubo de plástico, lea la posición s_{A1} y escríbala en la primera línea de la tabla. Ingrese el tiempo transcurrido Δt_{A1} en la tabla pulsando **F9**. Para mejorar la precisión de la medida repita varias veces la medición del tiempo transcurrido.
- Desplace totalmente el micrófono universal en el tubo de plástico, lea la posición s_{A2} y escríbala en la línea siguiente de la tabla. Ingrese el tiempo transcurrido Δt_{A1} en la tabla pulsando **F9**. Para mejorar la precisión de la medida repita varias veces la medición del tiempo transcurrido.
- Para determinar los tiempos transcurridos medios t_1 y t_2 determine el valor medio del intervalo y la velocidad del sonido en el aire $c_{aire} = \Delta s/\Delta t = (s_{A1}-s_{A2})/(t_1-t_2)$.
- Determine la distancia efectiva $s_{eff} = c_{aire} \cdot t_1$; para ello escriba los tiempos transcurridos t_1 y t_2 previamente determinados en la fórmula $(s_{A1}-s_{A2})/(t_1-t_2)*t_1$ en Ajustes seff (botón derecho del ratón sobre s_{eff}).

A continuación se puede medir directamente la velocidad del sonido en dióxido de carbono, helio y neón:

- Desplace nuevamente el micrófono hacia la posición s_{A1}.
- Deje ingresar el gas por la boquilla abriendo muy cuidadosamente la válvula de regulación, hasta que se escucha claramente la salida del gas de la botella.
- Lea la velocidad del sonido e ingrésela en la representación ya preparada **Entrada** de la tabla o con la función drag & drop arrastre el valor hacia la tabla. Aquí también debe ingresar la densidad ρ del gas utilizado:

Gas	Densidad ρ	Exponente adiabático $\kappa = C_p/C_V$
Dióxido de carbono	1,98 kg/m^3	1,29
Nitrógeno (aire)	1,25 kg/m^3	1,40
Neón	0,90 kg/m^3	1,64
Helio	0,18 kg/m^3	1,63

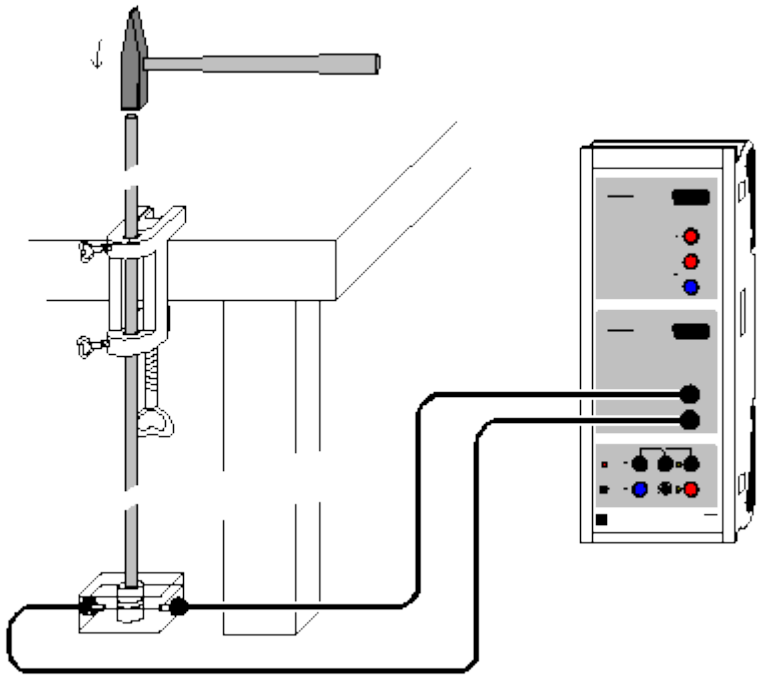
Evaluación

En la representación preparada **Evaluación** se grafica la relación entre c^2 y $1/\rho$. Aquí se puede trazar por ejemplo la recta que corresponde al exponente adiabático medio κ=1,4 para una presión atmosférica normal p=1013 hPa después de ingresar la fórmula 101300*1,4*x en el ajuste libre.

La desviación de los valores medidos respecto a esta recta es normal, especialmente en el caso del helio que es extremadamente volatilidad, pues su densidad real es mayor.

La gran diferencia de velocidad del sonido entre los gases se debe principalmente a las diferentes densidades ρ de los mismos, ya que las diferencias entre sus exponentes adiabáticos C_p/C_V es comparativamente bastante menor.

Velocidad del sonido en sólidos



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Aquí se determinan las velocidades del sonido en varillas de aluminio, cobre, latón y acero. En la medición se utiliza la reflexión múltiple de un corto pulso de sonido en los extremos de las varillas. El pulso es generado por el golpe con un martillo en la parte superior de la varilla y se propaga primero hacia abajo. En ambos extremos de la varilla se refleja varias veces uno tras otro, y al mismo tiempo en un extremo de la varilla los pulsos que llegan están retrasados entre si en Δt. Como Δt representa la suma del tiempo transcurrido de ida y vuelta, y como s es la longitud de la varilla, la velocidad del sonido c se calcula de

$c = 2s / \Delta t$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Juego de 3 varillas de metal	413 651
1	Varilla de soporte, 150 cm	300 46
1	Elemento piezoeléctrico	587 25
1	Mordaza de mesa sencilla	301 07
2	Cables, 200 cm, negros	501 38
1	Martillo pequeño	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Las varillas de metal reposan sobre el elemento piezoeléctrico, el cual convierte las fluctuaciones de presión de los pulsos de sonido en oscilaciones eléctricas. Estas son registradas en la entrada B del Sensor-CASSY.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9** (espera la señal de trigger).
- Golpee suavemente el extremo superior de la primera varilla de metal con un pequeño martillo (genera la señal de trigger).

- Repita el experimento con otra varilla de metal o elimine una medición errónea mediante **Borrar última serie de medición** (hacer un clic sobre la tabla con la tecla derecha del ratón).

Evaluación

Los intervalos de tiempo Δt de los mínimos o máximos pueden ser determinados por ej. mediante líneas verticales de marcación, centro del pico o directamente con medir diferencia. Como Δt es la suma de los tiempos de ida y vuelta, la velocidad del sonido c se calcula a partir de

$c = 2s / \Delta t$.

donde s es la longitud de la varilla.

En el ejemplo se obtienen las siguientes velocidades del sonido:

Metal	Medición	Valor de la literatura
Latón	3530 m/s	3500 m/s
Cobre	3900 m/s	3800 m/s
Aluminio	5000 m/s	5110 m/s
Acero	5170 m/s	5100 m/s

Análisis de Fourier de señales simuladas

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El análisis de frecuencias es un método de trabajo usual en una gran cantidad de aplicaciones, en donde se presentan señales (o datos) variables en el tiempo. Así por ejemplo, en acústica es importante conocer con exactitud los armónicos de un sonido para la generación artificial de sonidos o idiomas.

En este ensayo se estudia la transformada de Fourier de señales periódicas simples como introducción al tema de la transformación de Fourier. En un primer paso se calcula la transformada de Fourier de una señal simulada numéricamente y se determina las frecuencias y las amplitudes respectivas (Análisis de Fourier). Basados en este análisis de armónicos, en un segundo paso se vuelve a componer la señal temporal según el teorema de Fourier y se le compara con la serie de Fourier calculada teóricamente, así como con la señal analógica simulada numéricamente (Síntesis de Fourier).

Equipo requerido

1	CASSY Lab	524 200
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo

Nota: Este ensayo es sólo un experimento de simulación del análisis de Fourier con CASSY Lab. En el siguiente ensayo se pueden realizar experimentos con señales eléctricas de diferentes formas. Las señales estudiadas en este ensayo S_1 son generadas con las siguientes funciones:

Triangular: S_1 = 4*(1-2*saw(f*t))
Rectangular: S_1 = 4*(2*square(f*t)-1)

con la frecuencia f = 0,5 Hz.

Comentario acerca de la transformación de Fourier

En esta medición asistida por ordenador se explora en intervalos determinados una señal continua dependiente del tiempo S_1. De este modo se consigue una señal digitalizada que puede ser procesada posteriormente con los métodos usuales de procesamiento digital de señales (mejoramiento de la razón señal-ruido mediante la transformación de Fourier, alisado de la señal mediante promediación, etc.). El teorema de exploración da información acerca de cuál será el intervalo de tiempo con el que se hará la medición del valor de la señal para que el transcurso temporal de la señal pueda ser determinada nuevamente a partir de los datos medidos digitalizados. Para la digitalización de la señal con un número suficiente de puntos, la frecuencia de exploración f_s debe ser por lo menos el doble que la frecuencia máxima f_{max} presente en la señal. Esta frecuencia f_s determina el ancho del espectro de frecuencias. Si la condición $f_s \geq 2f_{max}$ no se cumple, es decir, la digitalización de la señal se realiza con una frecuencia de exploración f_s menor, entonces ya no se registra la forma de la señal (Aliasing). La frecuencia de exploración f_s de la señal de medición se fija en los parámetros de medición (**F5**) a través del intervalo ajustado $\Delta t=1/f_s$.

El teorema de Fourier dice que cada señal periódica S_1 dependiente del tiempo puede ser representada por una suma ponderada de funciones senos y cosenos. Para la función triangular o rectangular utilizada en el ensayo el desarrollo en serie de S_1 con funciones trigonométricas hasta el noveno orden es el siguiente:

Función triangular:

S_3 = 4*8/3.14^2 * (cos(360*f*t) + 1/9*cos(360*3*f*t) + 1/25*cos(360*5*f*t) + 1/49*cos(360*7*f*t)) + 1/81*cos(360*9*f*t)

Función rectangular:

S_3 = 4*4/3.14 * (sin(360*f*t) + 1/3*sin(360*3*f*t) + 1/5*sin(360*5*f*t) + 1/7*sin(360*7*f*t) + 1/9*sin(360*9*f*t)

De este modo a la función S_1 dependiente del tiempo le corresponde un espectro de frecuencias con diferentes amplitudes. La generalización de esta descomposición en señales no periódicas conduce a la integral de Fourier que asigna a la señal temporal S_1 un espectro de frecuencias continuo F_1.

El cálculo numérico del espectro de frecuencias F_1 es especialmente eficiente cuando se toma por base una señal digitalizada de $N=2^p$ puntos. En lugar de N^2 operaciones de cálculo sólo se debe realizar $N \cdot \log2(N)$ operaciones. Este procedimiento, esencialmente menos laborioso, se denomina Transformada rápida de Fourier (FFT: abreviación del inglés Fast Fourier Transformation).

Con tal algoritmo CASSY Lab calcula el espectro de frecuencias F_1. En primer lugar los puntos de medición presentes son ponderados de tal forma que ya no sean importantes las no periodicidades en el borde (en el borde con 0, en el medio máxima, ponderación de Kaiser-Bessel (4.0)). Para tener siempre exactamente 2^p puntos de medición, los puntos faltantes deberán ser rellenados con ceros.

Como resultado de la FFT CASSY Lab muestra en total N/2 amplitudes reales (las diferencias de fase no son evaluadas). Estas amplitudes son representadas con "exceso", esto es $A_i := A_{i-1} + A_i + A_{i+1}$ para que las amplitudes de picos agudos correspondan en algo a la teoría. Sin este exceso, en la determinación de amplitudes tal como se realiza en este ensayo, la suma debe calcularse sobre todas las amplitudes de un pico.

El uso de la FFT para el análisis de frecuencia está limitado por dos relaciones básicas. La primera relación vincula la frecuencia más alta $f_{máx}$, todavía analizable, con la frecuencia de exploración f_s:

$f_{máx} = f_s/2$.

Cada frecuencia que es mayor que $f_{máx}$, aparece en el espectro de frecuencia entre cero y $f_{máx}$ y con ello no se diferencia más de las componentes de frecuencia que realmente se encuentran entre 0 y $f_{máx}$. El cambio de la forma de señal asociado se denomina Aliasing.

La segunda relación vincula la resolución del espectro de frecuencias Δf (= distancia entre puntos vecinos del espectro de frecuencias) con la frecuencia de exploración f_s:

$\Delta f = f_{máx}/(N/2-1) = f_s/(N-2) = 1/\Delta t/(N-2) \approx 1/T$

con $T = (N-1)\cdot\Delta t$.

Esto significa que un aumento de la resolución del espectro de frecuencias sólo puede ser conseguido con un tiempo de medición prolongado.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ajuste el puntero del instrumento indicador Frecuencia f con el ratón a la frecuencia deseada.
- **F9** simula el registro de los datos de la función S_1. La simulación dura 50 s y registra 500 valores (Δt = 100 ms).

Tiempos mayores de registro aumentan paso a paso la resolución de frecuencias de la FFT, tiempos menores de registro la disminuyen.

Evaluación

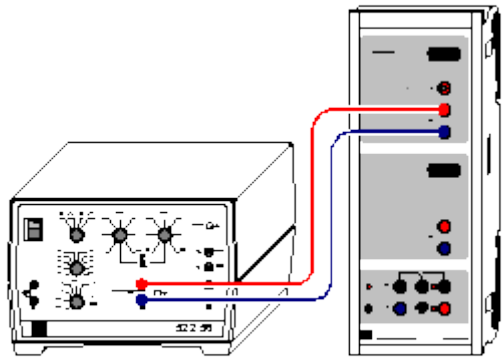
El diagrama $S_1(t)$ de la señal numérica simulada está presente incluso durante la simulación del registro de datos. Después de la simulación, la transformada de Fourier F_1 está disponible en la representación **Espectro de frecuencias**.

El espectro de frecuencias muestra picos en múltiplos impares de la frecuencia ajustada de la señal f, esto es a f, 3*f, 5*f, 7*f, etc. Las amplitudes de los picos pueden ser leídos de la indicación de coordenadas o haciendo un clic en la curva.

Para el análisis ingrese las primeras 5 amplitudes como factores delante de las funciones sin(360*n*f*t) en los ajustes A1, A3, A5, A7 y A9. En la representación **Análisis de Fourier** se indica el comportamiento temporal de cada uno de los términos A_1, A_3, A_5, A_7 y A_9.

En el diagrama **Síntesis de Fourier** se compara la serie $S_2 = A_1 + A_3 + A_5 + A_7 + A_9$, determinada experimentalmente, con la serie de Fourier determinada teóricamente S_3 y la función simulada numéricamente S_1. Se muestra que en aplicaciones prácticas la señal periódica S_1 puede ser bien aproximada con un polinomio trigonométrico S_2 ó S_3 de pocos términos.

Análisis de Fourier de señales de un generador de funciones



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El análisis de frecuencias es un método de trabajo usual en una gran cantidad de aplicaciones, en donde se presentan señales (o datos) variables en el tiempo. Así por ejemplo, en acústica es importante conocer con exactitud los armónicos de un sonido para la generación artificial de sonidos o idiomas. En instrumentación, el análisis de Fourier se emplea por ejemplo para la verificación de la compatibilidad electromagnética (EMC) de equipos electrónicos.

En este ensayo se estudia la transformada de Fourier de formas simples de señales periódicas como introducción al tema de la transformación de Fourier. Para ello se lee las señales (analógicas) eléctricas de un generador de funciones y se calcula la transformada de Fourier de la señal digital presente. A partir del espectro de frecuencias se determina las amplitudes de los diferentes armónicos (Análisis de Fourier) y se las compara con las calculadas teóricamente.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Generador de funciones P	522 56
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La señal variable y regulable del generador de funciones se conecta a la entrada A del Sensor-CASSY.

Nota: Este ensayo trata del análisis de Fourier de señales digitalizadas de un generador de funciones. Remítase al ensayo de simulación anterior en donde se estudia la transformación rápida de Fourier y el tratamiento de la síntesis de Fourier de diversas formas de señales.

Nota para el experimento

En algunos tipos de generadores de funciones puede ser necesario poner el offset DC exactamente a cero para obtener espectros de frecuencias correctos.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Seleccione la forma de señal deseada y una frecuencias de 500 Hz en el generador de funciones (poner offset DC a cero).
- Para el registro de la señal inicie la medición con **F9**.

- En caso necesario adecue la velocidad de exploración (intervalo) y el número de datos a medir en la ventana Parámetros de medición (**F5**) de acuerdo a la frecuencia de señal seleccionada para obtener un espectro de frecuencias suficientemente resuelto.

Evaluación

Durante el registro de la señal aparece el diagrama $U_{A1}(t)$ que representa una versión digitalizada de la señal analógica del generador de funciones. Después del registro de la señal U_{A1} en la representación **Espectro de frecuencias** se encuentra disponible la transformada de Fourier de U_{A1} para el análisis de frecuencias.

Para determinar las amplitudes de los armónicos uno tras otro realizar los siguientes pasos:

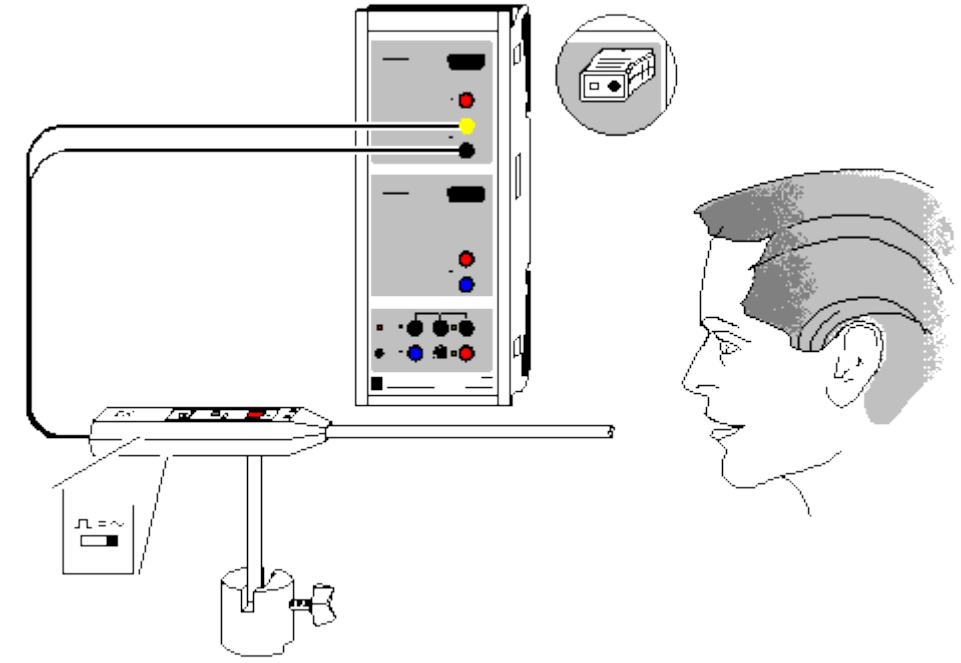
- Seleccione la representación **Espectro de frecuencias** y con una línea horizontal (**Alt+H**) determine las amplitudes de los armónicos de n-ésimo orden.
- Cámbiese a la representación **Evaluación**, arrastre el valor de las amplitudes con el ratón desde la línea de estado hacia la columna A de la tabla ya preparada (función drag & drop) e ingrese el orden N del n-ésimo armónico.

Mediante el ajuste libre (**Alt+F**) de una hipérbola A/x^2 (triangular: N = 1, 3, 5, ...) o A/x (rectangular N = 1, 3, 5, ...; diente de sierra: N = 1, 2, 3, 4, ...) se puede confirmar la dependencia de las amplitudes, calculada teóricamente, respecto a los armónicos n-ésimos para la forma de señal respectiva. Como alternativa también se puede verificar la dependencia de las amplitudes encontrada teóricamente respecto a N convirtiendo el eje x en $1/x^2$ (triangular) o en 1/x (rectangular, diente de sierra) y luego efectuar el ajuste con una recta que pasa por el origen.

Según la forma de señal seleccionada, el espectro de frecuencias muestra también contribuciones de pequeñas amplitudes en frecuencias situadas entre las frecuencias calculadas teóricamente (por ej. para la señal triangular entre N = 1, 3, 5, ...). Esta es una consecuencia de la forma de señal no lineal y de la periodicidad no rigurosa de la señal durante el intervalo de tiempo del registro.

Nota: Un ejemplo para el uso de Power-CASSY como generador de funciones se muestra en el ensayo Síntesis del sonido.

Análisis del sonido



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se estudian sonidos de diferentes timbres y altura (por ej. las vocales de la voz humana o los tonos de los instrumentos musicales) mediante un análisis de Fourier. El espectro de frecuencias que surge muestra la frecuencia fundamental f_0 con las frecuencias de los armónicos excitados.

Las diferentes vocales se diferencian sobre todo en las amplitudes de los armónicos. La frecuencia fundamental f_0 depende de la altura de la voz. Esta es de unos 200 Hz para las voces agudas y unos 80 Hz para las voces graves. El timbre lo determina la excitación algo diferente de los armónicos. Lo mismo es válido para el timbre de los instrumentos musicales.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Micrófono universal con base cilíndrica	586 26 300 11
	o	
1	Micrófono S	524 059
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El micrófono universal (no olvidar de poner al conmutador de funciones en el modo de operación "Signal" y de encender el micrófono) debe ser conectado a la entrada A del Sensor-CASSY.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9**.

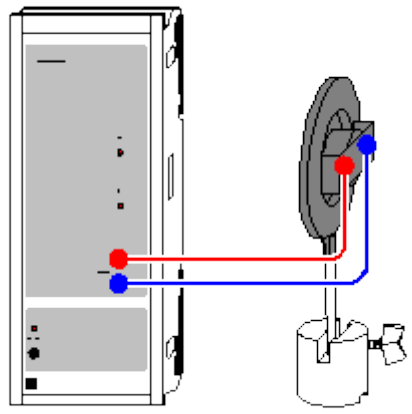
- Seleccione la representación **Estándar** y optimice la intensidad de la señal con el ajustador en el micrófono.
- Registre diferentes tonos y compárelos (la representación **Estándar** muestra la forma de la señal y el **Espectro de frecuencias** muestra el análisis de Fourier).
- Para detener la medición desactivar la opción **Medición repetida** en la ventana Parámetros de medición o inmediatamente al término del registro pulsando **F9**.
- Para comparar diferentes espectros de frecuencias seleccione **Adjuntar nueva serie de medición** en la ventana Parámetros de medición e inicie nuevamente la medición con **F9**.

Evaluación

La frecuencia fundamental y las frecuencias de los armónicos puede ser determinada muy fácilmente con la Visualización de coordenadas o también con Centro del pico en el **Espectro de frecuencias** (hacer un clic con el ratón). Las amplitudes de los armónicos dan origen al timbre del sonido registrado.

Como el oído humano percibe logarítmicamente las intensidades, la representación logarítmica del espectro de frecuencias es más apropiada a la sensibilidad auditiva del oído humano que una representación lineal. La representación logarítmica puede ser seleccionada fácilmente con solo hacer un clic con la tecla derecha del ratón sobre el eje Y del espectro de frecuencias (en este caso ponga el mínimo un poco más alto, por ej. a –3).

Síntesis del sonido



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se genera sonidos de diferentes timbres e intensidades, en donde se define previamente la frecuencia fundamental f_0, así como la relación de amplitudes entre la frecuencia fundamental y sus armónicos. El resultado puede verse como un oscilograma y como un espectro de frecuencias, y puede escucharse el sonido.

Se muestra que el timbre queda determinado por la excitación especial de los armónicos. Además se muestra de manera ejemplar, cómo las funciones periódicas pueden ser generadas por la composición armónica de oscilaciones sinusoidales.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Altavoz de banda ancha	587 08
1	Zócalo	300 11
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El altavoz se conecta a la salida del Power-CASSY.

Realización del ensayo

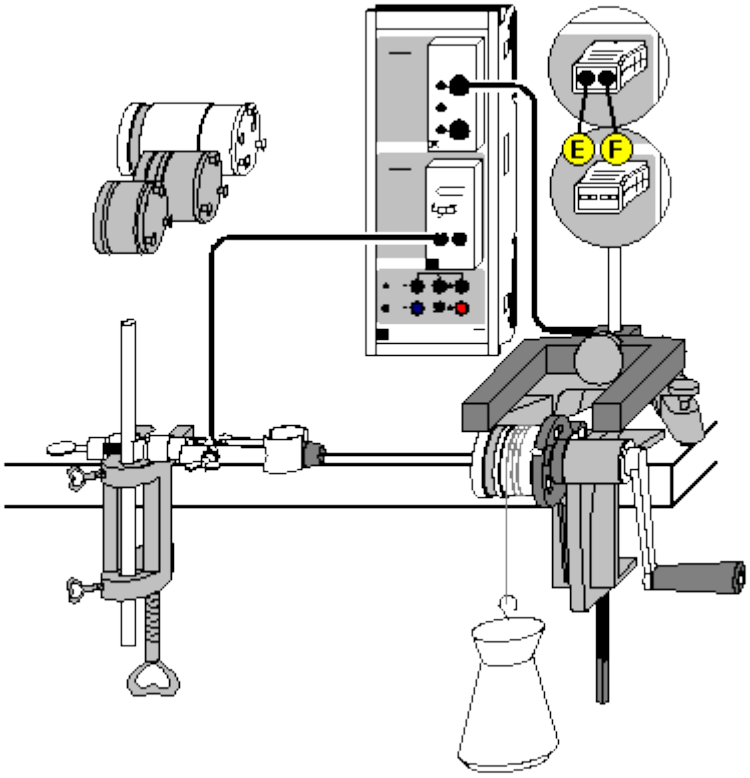
Cargar ajustes

- Al altavoz se entregan oscilaciones aproximadamente rectangulares compuesta de oscilaciones sinusoidales. Como fórmula para la forma de curva se introdujo **synth(1:0:1/3:0:1/5:0:1/7:0:1/9:0:1/11:0:1/13:0:1/15:0:1/17:0:1/19)**. Esta es una abreviación para la forma igualmente posible de escribir como **1***sin(360*x)+ **0***sin(2*360*x)+ **1/3***sin(3*360*x)+ **0***sin(4*360*x)+ **1/5***sin(5*360*x)+ **0***sin(6*360*x)+ **1/7***sin(7*360*x)+ **0***sin(8*360*x)+ **1/9***sin(9*360*x)+ **0***sin(10*360*x)+ **1/11***sin(11*360*x)+ **0***sin(12*360*x)+ **1/13***sin(13*360*x)+ **0***sin(14*360*x)+ **1/15***sin(15*360*x)+ **0***sin(16*360*x)+ **1/17***sin(17*360*x)+ **0***sin(18*360*x)+ **1/19***sin(19*360*x).
- En los Ajustes U1 es posible cambiar amplitudes de armónicos individuales. Del mismo modo aquí también se puede cambiar la frecuencia fundamental y la amplitud. El resultado puede ser escuchado inmediatamente, así como el inicio de una medición con **F9** es también visible.
- Para la síntesis aproximada de un triángulo se puede utilizar **synth(1:0:-1/3^2:0:1/5^2:0:-1/7^2:0:1/9^2:0:-1/11^2:0:1/13^2)**. La fórmula no necesariamente debe ser tipeada, sino que también puede ser transferida copiándola mediante el sistema de ayuda e insertándola en el cuadro de entrada de fórmula (tecla derecha del ratón).

Evaluación

Después de un registro con **F9**, en la representación **Espectro de frecuencias** (hacer un clic con el ratón) es posible seguir una variación de las razones de las amplitudes de los armónicos.

Transformación de energía mecánica en energía térmica



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucción de seguridad

Elegir el lugar para el experimentador de tal forma que no haya peligro de herirse si la pesa de 5 kg cae por algún motivo imprevisto.

Descripción del ensayo

La energía es una de las magnitudes fundamentales de la física. La energía se presenta en diferentes formas que pueden transformarse entre si. En un sistema cerrado la energía total se conserva durante los procesos de transformación.

En este ensayo se verifica experimentalmente la equivalencia entre energía mecánica E_m y energía térmica E_{th}. Para ello en el experimento se realiza un trabajo E_m mediante una manivela en contra de la fuerza de fricción. Esto conduce a un aumento de temperatura del calorímetro y con ello un aumento de la energía térmica E_{th}. Mediante la medición de la temperatura ϑ y el número de revoluciones se puede registrar cuantitativamente las dos formas de energía con las unidades Newton-metro (Nm) y Joule (J). De esta forma se verifica experimentalmente y en números la equivalencia: $E_m = E_{th}$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer o Timer S	524 034 o 524 074
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 193
	o	
1	Adaptador de NiCr-Ni S	524 0673

1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Barrera luminosa, infrarroja	337 46
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Aparato básico del equivalente mecánico del calor	388 00
1	Calorímetro por ej. Calorímetro de agua ó Calorímetro de cobre con calefactor ó Calorímetro de aluminio con calefactor ó Calorímetro de aluminio grande con calefactor	 388 01 388 02 388 03 388 04
1	Pinza de mesa, simple	301 07
1	Base de soporte, en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 10 cm	300 40
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Mordaza con pinza cilíndrica	301 11
1	Pesa con gancho, 5 kg	388 24
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Fije el aparato básico del equivalente mecánico del calor en una esquina de la mesa.
- Fije la pinza de apriete en el borde de la mesa a una distancia de unos 40 cm respecto al soporte de plástico del aparato básico. Sujete la mordaza con pinza cilíndrica a la varilla de soporte de 25 cm para utilizarla posteriormente con la sonda de temperatura tal como se muestra en el esquema.
- Coloque el calorímetro con el taladro hacia arriba y llénelo con agua por la abertura.
- Coloque la junta en el taladro y fíjela con la tapa atornillable.
- Ponga el cuerpo del calorímetro lleno en el aparato básico. Para ello inserte la espiga del remache del piso del calorímetro en la ranura del soporte de plástico y gírelo de tal forma que quede enclavado y el cuerpo del calorímetro quede fijo.
- Introduzca la sonda de temperatura lo más profundo posible en la abertura del calorímetro y apriete la tapa atornillable del calorímetro. Fije la sonda de temperatura con el material de soporte ya listo tal como se muestra en el esquema.
- Coloque la pesa de 5 kg debajo del cuerpo del calorímetro.
- Enrolle la cinta de nylon unas 4 veces (máximo 6) alrededor del calorímetro y sujétela a la pesa de 5 kg que reposa en el suelo. La pesa debe colgar en el lado de la manivela hacia adelante.
- Accione la manivela y verifique si la pesa de 5 kg se eleva unos cm y que al continuar girando se mantiene a una altura determinada. En caso de que se eleve demasiado, reduzca el número de vueltas de la cinta de nylon; si no se eleva del suelo, entonces aumente el número de vueltas.
- Monte la barrera luminosa de horquilla para medir las vueltas n_{EA1} (= número de oscurecimientos) usando la base de soporte tal como se muestra en el esquema y conecte la unidad Timer a la entrada A del Sensor-CASSY.
- Conecte la sonda de temperatura para medir la temperatura ϑ_{B11} a través de la unidad Temperatura (hembrilla T_1) en la entrada B del Sensor-CASSY.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Ajuste el oscurecimiento a cero, para ello accione el botón **—> 0 <—** en Ajustes nEA1.
- Inicie la medición con **F9**.
- Gire la manivela y mida el aumento de temperatura en función de las vueltas realizadas.
- Detenga la medición con **F9** al alcanzar la temperatura final deseada ϑ_{B11}.

Evaluación

Durante la medición se puede observar la gráfica de la temperatura ϑ_{B11} en función de las vueltas n_{EA1}. En el diagrama ya preparado **Evaluación** se grafica la energía térmica en función de la energía mecánica aplicada al girar la manivela en contra de la fricción. La energía mecánica E_m resulta del producto de la fricción F y la distancia recorrida s:

$E_m = F \cdot s$

con $F = m \cdot g$

F = Fricción
m = Masa de la pesa = 5 kg
g = Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s^2

y $s = N \cdot d \cdot \pi$

s = Recorrido de la fricción
N = Número de vueltas
d = Diámetro del calorímetro = 0,047 m

De aquí que para la energía mecánica se cumple: $E_m = m \cdot g \cdot d \cdot \pi \cdot N$.

El aumento de la energía térmica como resultado del aumento de temperatura viene dado por:

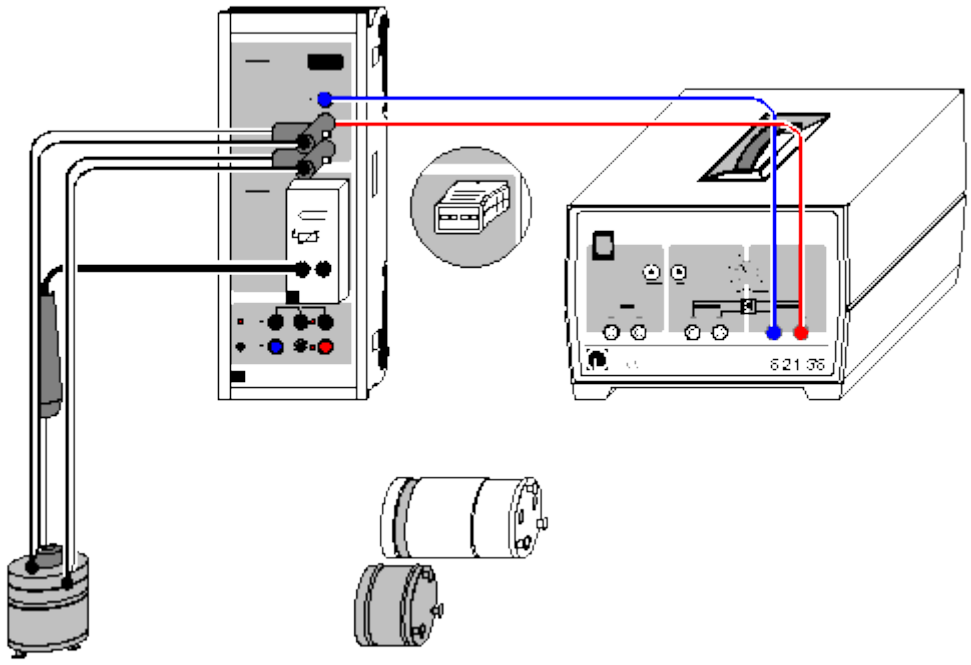
$E_{th} = C \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$

La capacidad calorífica C depende del calorímetro usado y debe ser ingresada en Ajustes C según la siguiente tabla:

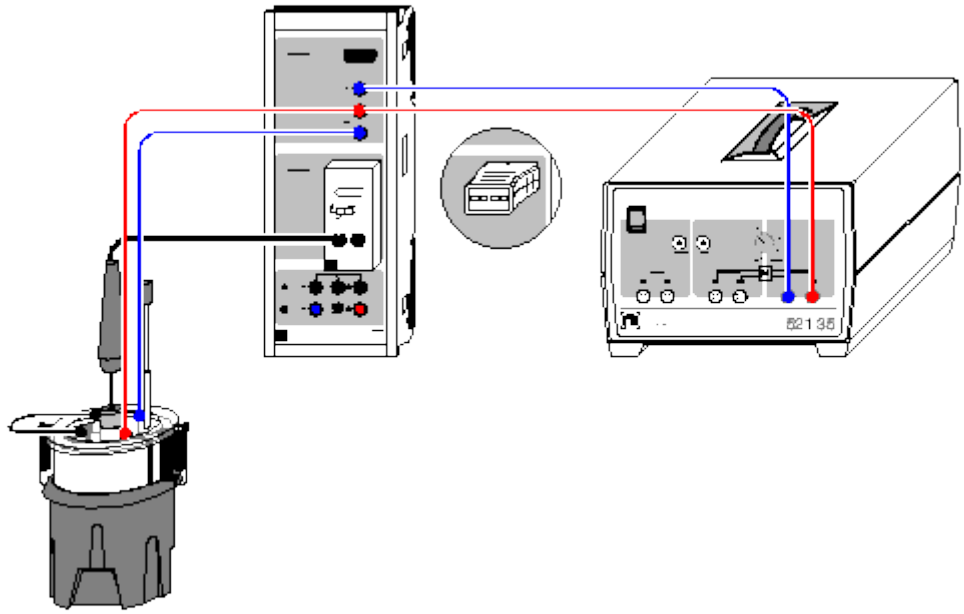
Calorímetro	Capacidad calorífica C/(J/K)
Agua (388 01)	$40 + m_{H2O}/g \cdot 4{,}2$ (con masa del agua en g)
Cobre (388 02)	264 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)
Aluminio (388 03)	188 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)
Aluminio, grande (388 04)	384 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)

Mediante el ajuste de una recta que pasa por el origen se puede verificar la equivalencia entre energía mecánica E_m y energía térmica E_{th}. La pendiente de la recta que pasa por el origen es usualmente un poco menor que 1. Esto se debe a las pérdidas de calor no registradas, como por ejemplo, el contacto térmico del calorímetro con la cuerda de nylon o con el soporte de plástico.

Transformación de energía eléctrica en energía térmica



Alternativa:



Cargar ejemplo

Instrucción de seguridad

Peligro de implosión: El Dewar es un recipiente de vidrio de pared delgada, evacuado al vacío y que puede quebrarse si es sometido a esfuerzo mecánico.

No colisionar el Dewar o no dejarlo caer.

No dejar caer ningún objeto duro en la cubierta de vidrio.

No rayar la cubierta de vidrio con objetos agudos.

Descripción del ensayo

La energía es una medida del trabajo almacenado. La energía se presenta en diferentes formas que pueden transformarse entre si. En un sistema cerrado la energía total se conserva durante los

procesos de transformación. Por esta razón la energía es una de las magnitudes fundamentales de la física.

En este ensayo se verifica experimentalmente la equivalencia entre la energía eléctrica E_{el} y la energía térmica E_{th}. A tal efecto, en el experimento la energía eléctrica E_{el} suministrada a un filamento calefactor es transformada en calor E_{th}. Esto conduce a un incremento de temperatura del calorímetro (o agua, en la cual el filamento se encuentra sumergido). La medición en paralelo de la intensidad de corriente I y la temperatura ϑ en función del tiempo t, conocida la tensión constante U, posibilita el registro cuantitativo de las dos formas de energía con las unidades Vatio-segundo (Ws) y Joule (J). De esta forma se verifica experimentalmente y en números la equivalencia: $E_{el} = E_{th}$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 193
	o	
1	Adaptador de NiCr-Ni S	524 0673
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Fuente de tensión, 0...12 V por ej. Transformador variable de baja tensión S	521 35
1	Calorímetro con cable de conexión, por ej.	
	Calorímetro de cobre con calefactor	388 02
	Par de cables de conexión para calorímetro	388 06
	ó	
	Calorímetro de aluminio con calefactor	388 03
	Par de cables de conexión para calorímetro	388 06
	ó	
	Calorímetro de aluminio grande con calefactor	388 04
	Par de cables de conexión para calorímetro	388 06
	ó	
	Aparato para determinar el equivalente eléctrico del calor	384 20
	Recipiente Dewar	386 48
	Vaso de precipitados, forma baja, Duran, 250 ml	664 103
	Probeta graduada, base de plástico, 250 ml	665 755
	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
	Cable de experimentación, 50 cm, negro	501 28
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo con calorímetro (véase el esquema)

- Coloque el calorímetro con el taladro hacia arriba y llénelo con agua por la abertura.
- Coloque la junta en el taladro y fíjela con la tapa atornillable.
- Introduzca la sonda de temperatura lo más profundo posible en la abertura del calorímetro y apriete la tapa atornillable del calorímetro.
- Conecte CASSY al transformador de baja tensión S para la medición de la intensidad de corriente y tensión tal como se muestra en el esquema.
- Conecte el filamento calefactor del calorímetro a la entrada A del Sensor-CASSY (conecte las clavijas bananas grandes juntas y un cable a la hembrilla de seguridad U azul y uno a la roja).

- Conecte la sonda de temperatura para medir la temperatura ϑ_{B11} a través de la unidad Temperatura (hembrilla T_1) a la entrada B del Sensor-CASSY.

Montaje del ensayo con el aparato para el equivalente eléctrico del calor (véase el esquema)

- Llene el vaso Dewar con unos 200 ml usando la probeta graduada.
- Ponga el aparato para el equivalente eléctrico del calor en el Dewar y sujete la tapa mediante los muelles.
- Sumerja la sonda de temperatura en el Dewar con la junta puesta a través del tapón de goma. La sonda de temperatura deberá ser mantenida por la junta de tal manera que la punta del sensor se encuentre por debajo del filamento calefactor. La punta de la sonda de temperatura no debe tocar el piso del Dewar.
- Conecte CASSY al transformador de baja tensión S para medir corriente y tensión tal como se muestra en el esquema.
- Conecte el filamento calefactor en serie a la entrada A del Sensor-CASSY (para ello de cada filamento calefactor conecte un cable a la hembrilla de seguridad U azul y uno a la roja y los dos terminales todavía libres conéctelos con un cable negro).
- Conecte la sonda de temperatura para medir la temperatura ϑ_{B11} a través de la unidad Temperatura (hembrilla T_1) en la entrada B del Sensor-CASSY.

Nota para el experimento

En la realización del ensayo con el equivalente eléctrico del calor agite el agua para obtener un calentamiento uniforme mientras la alimentación de tensión esté encendida. Es recomendable que mueva el agitador lentamente hacia arriba y hacia abajo durante la medición.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- En Ajustes IA1 seleccione la magnitud **Tensión U_{A1}**.
- Encienda el transformador variable S y ajuste la tensión U_{A1} a 9 V (calorímetro) o a 4 V (aparato del equivalente eléctrico del calor).
- Lea el valor U_{A1} con precisión e ingréselo como parámetro en Ajustes U.
- Desconecte el transformador S y en Ajustes UA1 vuelva a seleccionar la magnitud **Corriente I_{A1}** y elija como rango de medición **0 .. 2,1 A**.
- Inicie la medición con **F9**.
- Después de alcanzar una temperatura de inicio constante ϑ_{B11} encienda el transformador S y al alcanzar la temperatura final deseada ϑ_{B11} vuelva a desconectarlo.
- Detenga la medición con **F9** después de alcanzar una temperatura final constante.

Evaluación

Durante la medición ya se representa gráficamente la temperatura ϑ_{B11} y la corriente I_{A1} en función del tiempo. En el diagrama ya preparado **Evaluación** se grafica la energía térmica $E_{th} = C \cdot (\vartheta_{B11} - \vartheta_1)$ versus la energía eléctrica $E_{el} = \sum U \cdot I \cdot \Delta t$. La capacidad calorífica C depende del calorímetro usado y debe ser ingresada en Ajustes C según la siguiente tabla:

Calorímetro	Capacidad calorífica C/(J/K)
Cobre (388 02)	264 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)
Aluminio (388 03)	188 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)
Aluminio, grande (388 04)	384 + 4,2 (para 1 g de relleno con agua en el agujero)
Aparato para el equivalente eléctrico del calor (384 20) con Dewar (386 48)	$(m_{H2O}/g + 24) \cdot 4{,}2$ (con masa del agua en g y equivalente de agua m_D = 24 g del Dewar)

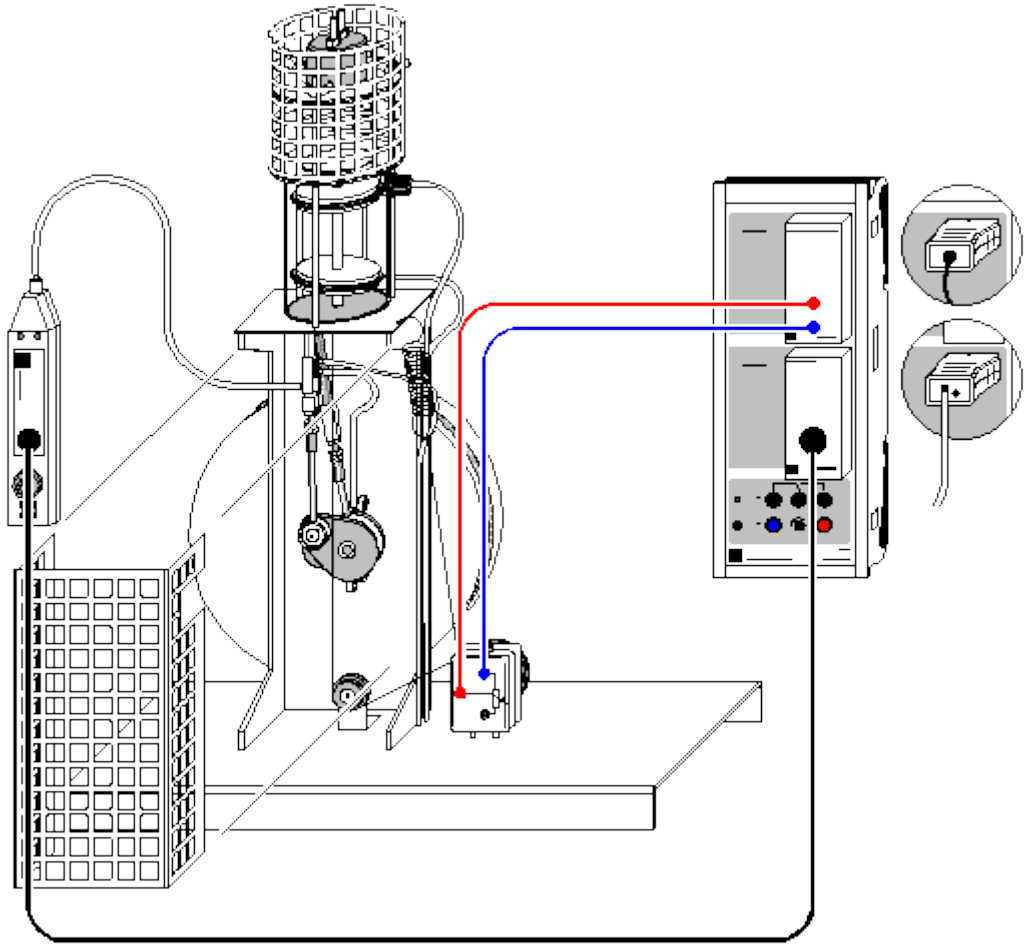
Mediante el ajuste de una recta que pasa por el origen se puede verificar la equivalencia entre energía eléctrica E_{el} y energía térmica E_{th}. La pendiente de la recta que pasa por el origen es usualmente un poco menor que 1, debido a las pérdidas de calor por irradiación térmica. Esto se aprecia con claridad en intervalos de medición prolongados, en donde se observa una desviación significativa de los datos respecto a la recta que pasa por el origen.

Recomendación

Como alternativa la medición también puede evaluarse manualmente: con tal propósito determine el valor medio de la temperatura inicial ϑ_1 y la temperatura final ϑ_2 (con el botón derecho del ratón

seleccione Valor medio de intervalos) y calcule la energía térmica $E_{th} = C \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$. Con Medir diferencia (**Alt+D**) determine el tiempo de suministro de energía eléctrica. Con ello calcule $E_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$ y compárela con E_{th}.

Diagrama pV de un motor de aire caliente



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

- Antes de cada ensayo asegurarse que la placa calefactora sea colocada conforme a las muescas y que el filamento de calentamiento no toque al émbolo de desplazamiento.
- La cabeza de calentamiento del motor puede calentarse demasiado y la biela del émbolo de impulsión y de la del desplazamiento puede causar lesiones en las personas cuando el motor está en funcionamiento. Por esta razón se debe utilizar siempre la canastilla de protección cuando el motor está en funcionamiento.
- No utilice al motor sin flujo de agua de refrigeración. El motor también puede ser utilizado tanto con la tubería de agua como con una bomba de circulación y un reservorio de agua, el cual deberá ser llenado con agua destilado o hervida (sin cal).
 Si debe reducir el flujo del agua del grifo durante el funcionamiento, enjuague todo el sistema con una solución de desincrustación tibia.
- Ambos émbolos del motor de aire caliente deben ser aceitados regularmente con aceite silicónico. La manera más simple de hacer esto es cuando se retira la placa calefactora, el émbolo de desplazamiento es empujado a una posición más baja y con un sorbete se pone el aceite silicónico con una botella de rociado de tal forma que en la pared del émbolo sobre la junta tórica superior de sellado corra hacia abajo. Como la junta no sella completamente, después de un corto tiempo la junta tórica inferior también recibe suficiente aceite.
 ¡Si el aceitado es insuficiente el motor se hace ruidoso y solo trabaja con una velocidad de rotación reducida!
- No conecte la bobina de red (562 21) sin núcleo de transformador.

Descripción del ensayo

Los ciclos termodinámicos son descritos frecuentemente como curvas cerradas en un diagrama pV (p: presión, V: volumen). El trabajo realizado sobre el sistema o el trabajo hecho por el sistema según el sentido del recorrido corresponde a la superficie encerrada por la curva.

En el ensayo se registra el diagrama pV del motor de aire caliente como máquina térmica. Un sensor de presión mide la presión p en el cilindro en función del tiempo t y un transductor de desplazamiento mide la posición s del émbolo de trabajo, de la cual se puede calcular el volumen V encerrado. Los valores medidos son representados directamente sobre la pantalla en un diagrama pV. Otra evaluación posible es el trabajo mecánico realizado por la fricción en el émbolo

$$W = -\int p \cdot \mathrm{d}V$$

por ciclo.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
	con Transductor de desplazamiento y	529 031
	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
	o	
1	Sensor de giro S	524 082
1	Unidad B	524 038
	con Sensor de presión y	529 038
	Cable de conexión, 6 polos	501 16
	o	
1	Sensor de presión S, ±2000 hPa	524 064
1	Motor de aire caliente	388 182
1	Sedal	309 48
1	Resorte helicoidal	352 08
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
1	Bobina de red, 500 espiras	562 21
1	Bobina de 50 espiras	562 18
2	Mangueras de PVC, 8 mm Ø	307 70
1	Bomba de inmersión, 12 V	388 181
1	Fuente de alim. de c.c., 0 a 20 V	521 54
2	Cables, 100 cm, negros	501 33
1	Recipiente de agua de 10 l	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el transformador desmontable y ajuste fijamente el yugo.

Monte la placa calefactora según como se indica en las instrucciones de servicio de la misma y conecte la calefacción con ambos cables de experimentación a las dos hembrillas exteriores de la bobina de baja tensión.

Conecte la manguera del sensor de presión a los empalmes de presión de la biela del émbolo de trabajo. Al sensor de presión deberá conectarlo a la entrada B del Sensor-CASSY a través de la unidad B. Sujete el transductor de desplazamiento con dos clavijas acopladoras a la placa base y pásele un hilo tal como se ilustra en el esquema y conecte el transductor a la entrada A a través de la unidad Fuente de corriente. El émbolo de trabajo tiene hacia abajo una clavija con ojal para sujetar el hilo. El resorte de reposición es suspendido del agujero situado en la cabeza del soporte. Este debe estar tensado en el punto muerto inferior. ¡Pase el hilo dos veces por la rueda del transductor de desplazamiento, para que no haya resbalamiento! La posición del potenciómetro debe ser ajustada

de tal manera que en el punto muerto superior del cilindro de trabajo se indique un volumen de aprox. 50 cm^3.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Verifique el ajuste correcto del transductor de desplazamiento: gire el motor una vez con la mano y observe si la indicación de volumen está dentro del rango de medición. Si este no es el caso, entonces suelte un poco el hilo y gire la rueda del transductor de desplazamiento hasta la indicación correcta.
- Conecte la calefacción por medio del interruptor de la bobina de red. En la primera puesta en funcionamiento se recomienda esperar aprox. 1 minuto, antes de arrancar el motor, para que el gas se caliente suficientemente y se inicie una puesta en marcha suave. En otros ensayos se puede arrancar el motor cuando el filamento calefactor empiece a volverse incandescente.
- Inicie la medición con **F9**. Se mide automáticamente y se representa el número de puntos de medición prefijados; la medición debe hacerse con pocos ciclos, para que la integración siguiente sea fácil.

Evaluación

Determinación del volumen (en el ejemplo ya se tiene hecho): El diámetro interno del cilindro de trabajo es de 60 mm, de donde se obtiene una superficie del émbolo de 28,3 cm^2. Junto con el desplazamiento s_{A1} se obtiene la fórmula para el volumen con el instrumento indicador respectivo.

El trabajo por ciclo se obtiene a partir del área encerrada. Esta superficie se consigue de la siguiente manera: seleccione Cálculo de la integral (área de pico) en el menú de evaluaciones (hacer un clic sobre el diagrama con la tecla derecha del ratón) y marque un ciclo (haga un clic sobre el punto inicial y recorra el ciclo manteniendo la tecla del ratón presionada). Los puntos de medición que contribuyen a la integración, son representados con otros colores. En general no se consigue registrar todos los puntos de medición de un ciclo; pero a veces es imprescindible para el cálculo del área que uno o dos puntos tengan que ser sustituidos por una recta. Después de soltar la tecla del ratón la superficie se llena y el contenido es indicado en la línea de estado.

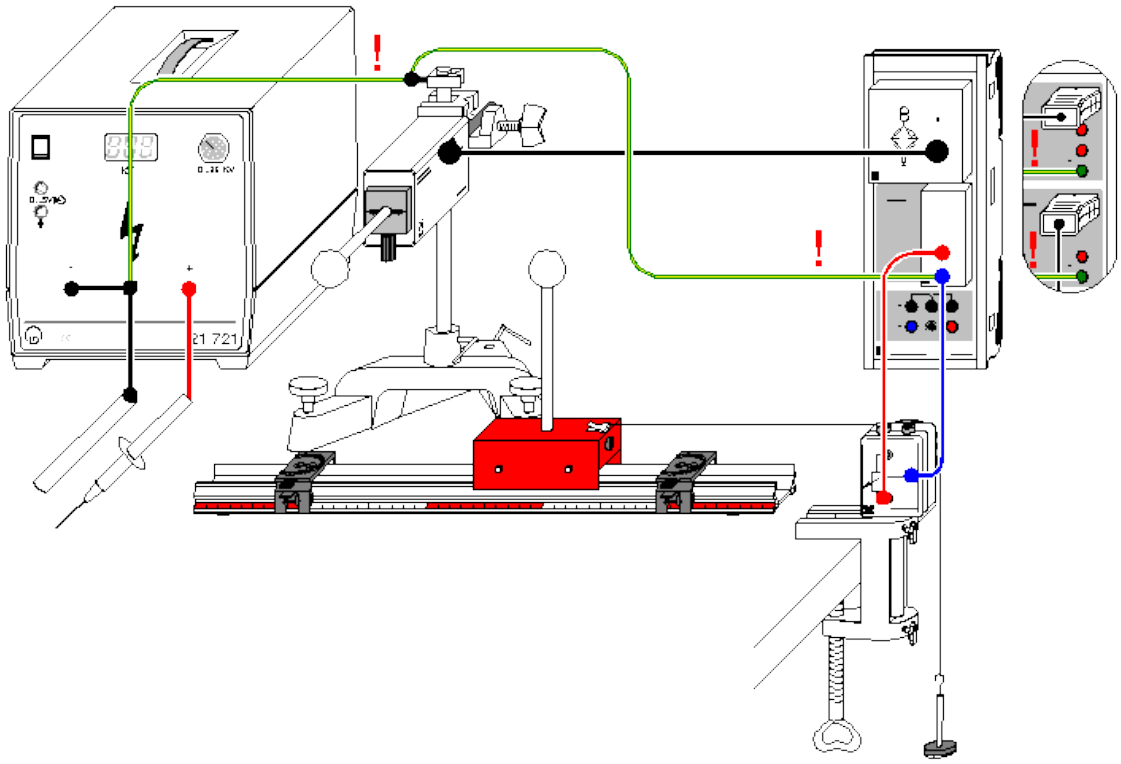
En el ejemplo se obtiene para el trabajo W = 18900 hPa·cm^3 = 1,89 Nm.

Nota

La potencia del motor se obtiene de P = W · f con f como la frecuencia de giro en la marcha en vacío.

La frecuencia f se puede determinar con una barrera luminosa y un contador. Otra posibilidad es el empleo del **Espectro de frecuencias** (hacer un clic con el ratón). Para una mejor resolución de frecuencia se debe registrar mas valores que los registrados en el ejemplo (aumentar el número en la ventana Parámetros de medición de 125 por ej. a 2000).

Ley de Coulomb



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

¡Cuidado al trabajar con alta tensión!

La clavija de conexión y fijación no debe tocar al experimentador ni partes del montaje experimental cuando está con alta tensión. Ni el sensor de fuerzas ni el Sensor-CASSY están protegidos contra altas tensiones.

Además, durante todo el experimento mantenga la máxima distancia entre el cable de alta tensión y el otro cable aislado.

Descripción del ensayo

Dos esferas cargadas con la misma o distinta polaridad ejercen una fuerza entre si. Esta fuerza es proporcional a la carga Q de cada esfera e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia x entre las esferas. Se verifica la proporcionalidad $F \sim 1/x^2$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Puente	524 041
	con Sensor de fuerzas y	314 261
	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
	o	
1	Sensor de fuerzas S, ±1 N	524 060
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
	con Transductor de desplazamiento y	529 031
	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
	o	

1	Sensor de giro S	524 082
1	Fuente de alta tensión, 25 kV	521 721
1	Cable para alta tensión	501 05
1	Juego de cuerpos electrostáticos	314 263
1	Riel metálico de precisión	460 82
1	Carrito de medición 1	337 00
2	Jinetillo con pinza	460 95
1	Clavija de conexión y fijación	590 02
1	Varilla de conexión	532 16
1	Varilla de soporte, 25 cm	300 41
1	Base de soporte pequeña en V	300 02
1	Mordaza múltiple Leybold	301 01
1	Juego de pesas de impulsión	337 04
1	Mordaza de mesa sencilla	301 07
1	Sedal	309 48
1	Cable, 25 cm, negro	500 414
3	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El sensor de fuerzas se conecta a la entrada A del Sensor-CASSY a través de la unidad Puente. Una de las esferas del juego de cuerpos electrostáticos se conecta al sensor de fuerzas mediante una pieza intermedia aislada. La segunda esfera es insertada en el carrito de medición, el cual puede moverse libremente hasta el jinetillo con pinza sobre el riel metálico de precisión.

La medición de la distancia entre las esferas se realiza por medio del transductor de desplazamiento, en la unidad Fuente de corriente, conectada a la entrada B del Sensor-CASSY. Para ello se tensa un hilo desde el carrito de medición pasando por la polea de desvío del transductor de desplazamiento utilizando una pesita. Aquí debe incrementarse la indicación del recorrido s_{B1} al aumentar la distancia y en el caso de tocarse debe indicar 0 cm.

Por razones de seguridad la unidad Fuente de corriente y el sensor de fuerzas deben estar conectados a tierra. Con tal propósito utilice una clavija de conexión y fijación y un cable de experimentación para conectar el sensor de fuerzas con la hembrilla de tierra de la fuente de alta tensión.

Indicaciones para el experimento

Para que el experimento resulte es decisivo que haya suficiente carga sobre las esferas y que la carga permanezca allí (por lo menos durante el tiempo que el experimento dure). Después de cargar ambas esferas se tendrá que medir para una distancia de 0,5 cm una fuerza de por lo menos 5 mN permaneciendo ésta unos segundos sin variar. Si esto no sucede entonces:

- Limpie a los aisladores y esferas (por ej. con agua y detergente, y enjuagar con agua destilada).
- Seque los aisladores y esferas (por ej. con bastante cuidado con la llama no luminosa de un mechero de Bunsen o con aire caliente de un secador de cabello).
- No deje la llama ardiendo en las inmediaciones del experimento durante la ejecución del mismo (de otro modo el aire se ioniza).
- En lugar de la fuente de alta tensión pruebe con otra fuente de cargas (por ej. con una varilla de PVC frotada en cabellos lavados recientemente).
- Es requisito que el ambiente esté seco (clima seco).

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Calibre el punto cero –dejando que las esferas se toquen– y en Ajustes sB1 seleccione **Corregir**, como primer valor teórico introduzca 3,8 cm (= distancia entre los centros de ambas esferas) y selecciones **Corregir offset**.
- Empiece con una posición inicial de unos 0,5 cm de distancia entre ambas esferas.
- Descargue ambas esferas por medio de la varilla de conexión a tierra.
- Ajuste el cero de la fuerza – para ello acciones **—> 0 <—** en Ajustes FA1 (según sea el caso varias veces) y si es necesario conecte el LED Smooth de la unidad Puente mediante **LED on/off**.

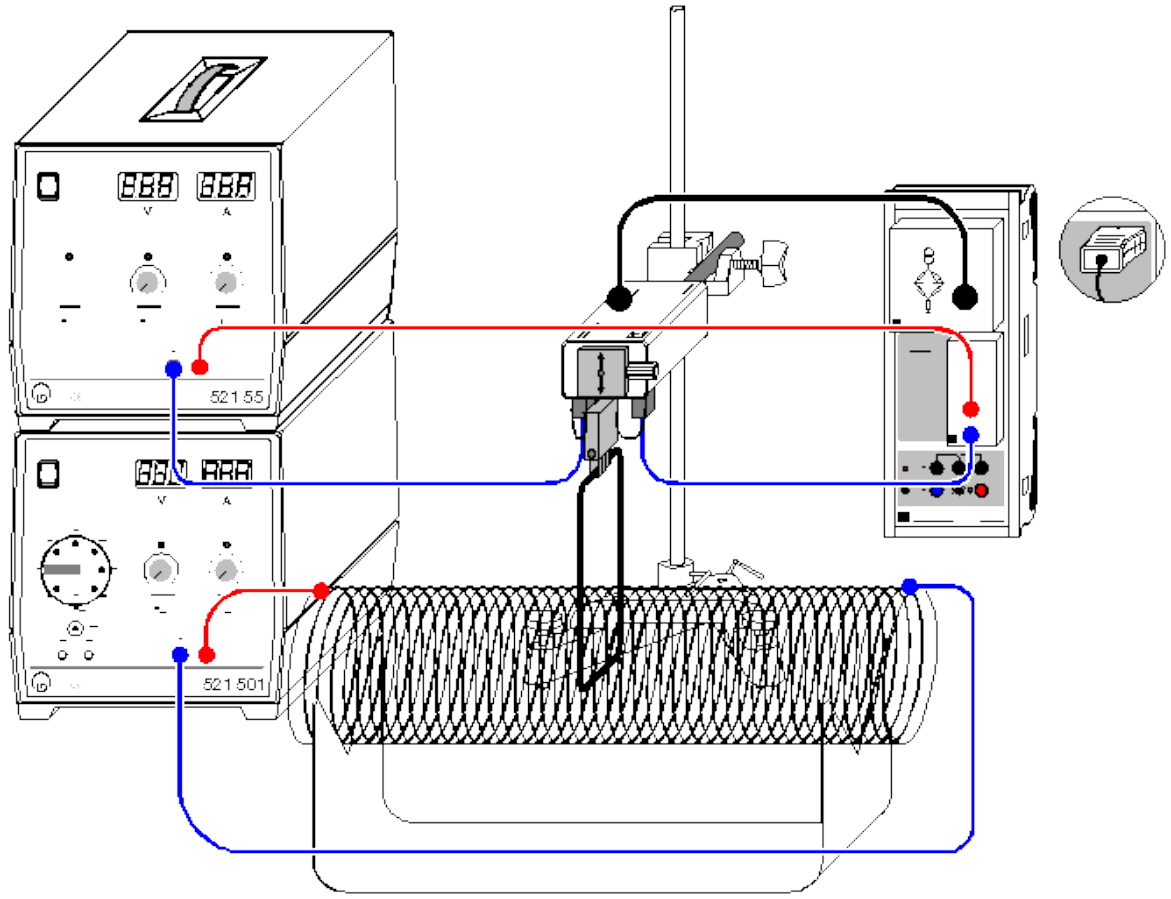
- Cargue las esferas con la misma polaridad o con distinta polaridad – para ello poner un polo a tierra de la fuente de alta tensión y el otro polo sobre la esfera respectiva por pocos segundos. Aquí se debe conseguir una fuerza de por lo menos 5 mN (véase las indicaciones para el experimento mencionadas anteriormente). Si lo desea usted puede cambiar el cero de la ventana de fuerza (y con ello el eje Y del diagrama) desde el centro hacia la izquierda o hacia la derecha en los Ajustes FA1.
- Inicie la medición con **F9**.
- Desplace el carrito de medición lentamente con la mano alejándose del sensor de fuerza.
- A unos 15 cm de distancia detenga nuevamente la medición con **F9**.

Evaluación

Incluso durante la medición aparece el diagrama F(x). La ley de Coulomb se verifica mediante un ajuste mediante una hipérbola $1/x^2$ o recalculando el eje X en $1/x^2$ (haga un clic sobre el eje con la tecla derecha del ratón) y luego efectuando un ajuste con una recta.

Aquí se concluye que $F \sim 1/x^2$ es válida sólo a partir de una distancia de unos 6 cm entre ambos centros de las esferas. Para distancias menores la distancia debe ser corregida, ya que no se trata de cargas concentradas en un punto.

Fuerza en un campo magnético de una bobina sin núcleo



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La densidad de flujo magnético o simplemente el campo magnético **B** es una magnitud vectorial. Sobre una carga q que se mueve con la velocidad **v** en el campo magnético **B**, actúa una fuerza **F** que depende de la magnitud y dirección de la velocidad y de la intensidad y dirección del campo magnético. Se cumple

$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$.

A esta expresión se le conoce como la fuerza de Lorentz **F** que es también una magnitud vectorial y es perpendicular al plano que forman **v** y **B**.

La fuerza sobre un conductor con corriente eléctrica situado en un campo magnético puede ser entendida como la suma de las fuerzas individuales sobre los portadores de carga en movimiento que conforman la corriente. Sobre cada uno de estos portadores de carga q, moviéndose con una velocidad de arrastre **v**, actúa la fuerza de Lorentz **F**. En un conductor recto la fuerza total resulta

$\mathbf{F} = q \cdot nAs \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$,

Pues el número de los portadores de carga en el conductor es el producto de la densidad de portadores n, la sección transversal del conductor A y de la longitud s de la sección del conductor situado en el campo magnético.

Es usual introducir el vector **s**, que indica la dirección de la sección del conductor. Además, el producto qnAv es la intensidad de corriente I. Finalmente la fuerza de un campo magnético sobre una sección de conductor recto por donde circula corriente viene expresada mediante

$\mathbf{F} = I \cdot (\mathbf{s} \times \mathbf{B})$

O el valor absoluto de la fuerza mediante

$F = I \cdot s \cdot B,$

donde **s** y **B** son perpendiculares entre si. La fuerza F y la intensidad de corriente I son pues proporcionales entre sí con el factor de proporcionalidad s·B.

En el experimento se mide la fuerza sobre un lazo de corriente situado en un campo homogéneo de una bobina sin núcleo en función de la corriente I que circula por el lazo. El campo magnético homogéneo es generado en una bobina larga con separaciones entre espiras, en donde un sensor de fuerzas sujeta a un lazo conductor de longitud s = 8 cm sumergido en el espacio entre dos espiras (véase el esquema). Solo la componente horizontal del conductor genera una componente de fuerza que puede ser medida por el sensor de fuerzas. De la proporcionalidad entre la fuerza F y la corriente del lazo I se puede determinar la densidad de flujo magnético B.

La bobina sin núcleo tiene la ventaja que la densidad de flujo magnético B puede ser calculada muy fácilmente en su interior y este resultado comparado con el valor experimental encontrado. Para una bobina larga sin núcleo se cumple

$B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$

con las constantes de permeabilidad magnética del vacío $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am, el número de espiras N de la bobina sin núcleo, la corriente I_C que pasa por la bobina y la longitud L de la bobina sin núcleo.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Puente	524 041
	con Sensor de fuerzas y	314 261
	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
	o	
1	Sensor de fuerzas S, ±1 N	524 060
1	Unidad 30-A	524 043
1	Soporte de bucle conductor	314 265
1	Juego de bucles para la medición de fuerzas	516 34
1	Bobina de excitación, d = 120 mm	516 244
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Fuente de alimentación de gran amperaje	521 55
1	Fuente de alimentación de c.a./c.c., 0...15 V	521 501
1	Base de soporte en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple Leybold	301 01
1	Cable, 50 cm, azul	501 26
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El sensor de fuerzas sostiene el bucle conductor de 8 cm de largo con el soporte de bucle conductor y se ubica de tal manera que el bucle se sumerja en la bobina sin núcleo en los espacios entre las espiras. El bucle conductor no debe tocar la bobina sin núcleo. Las dos hembrillas de 4 mm situadas en la parte inferior del sensor de fuerzas han sido diseñadas para ser puntos de alimentación del soporte de bucle conductor. Estas no están conectadas internamente. Conecte el sensor de fuerzas a la entrada A del Sensor-CASSY por medio de la unidad Puente.

La corriente fluye desde la fuente de alimentación de 20 A a través de la unidad 30-A hacia la entrada B del Sensor-CASSY pasando por el bucle conductor y retorna nuevamente a la fuente de alimentación. La corriente de la segunda fuente de 5 A fluye por la bobina sin núcleo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Ponga en cero al sensor de fuerzas mediante **—> 0 <—** en Ajustes Fuerza FA1 y en caso necesario conecte el LED Smooth de la unidad Puente mediante **LED on/off**.
- Eventualmente tendrá que **Corregir** el valor de la corriente a 0 A en Ajustes Corriente IB1 (para ello ponga el primer valor teórico a 0 A y seleccione **Corregir offset**).
- En la fuente de alimentación de la bobina sin núcleo ajuste la corriente I_C a unos 5 A.
- Aumente gradualmente la corriente I del bucle conductor de 0 a 20 A en pasos de 2 hasta 5 A y registre en cada paso un valor con **F9**. Si comete un error en la medición elimine la medición de la tabla por medio de **Borrar última línea de tabla** (haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre la tabla).
- Si sólo se mide fuerzas negativas, intercambie las conexiones en el soporte de bucle conductor.
- Realice el experimento con rapidez porque el bucle conductor y el soporte de bucle conductor sólo pueden soportar por corto tiempo corrientes de 20 A.
- Ponga la corriente del bucle conductor nuevamente a 0 A.

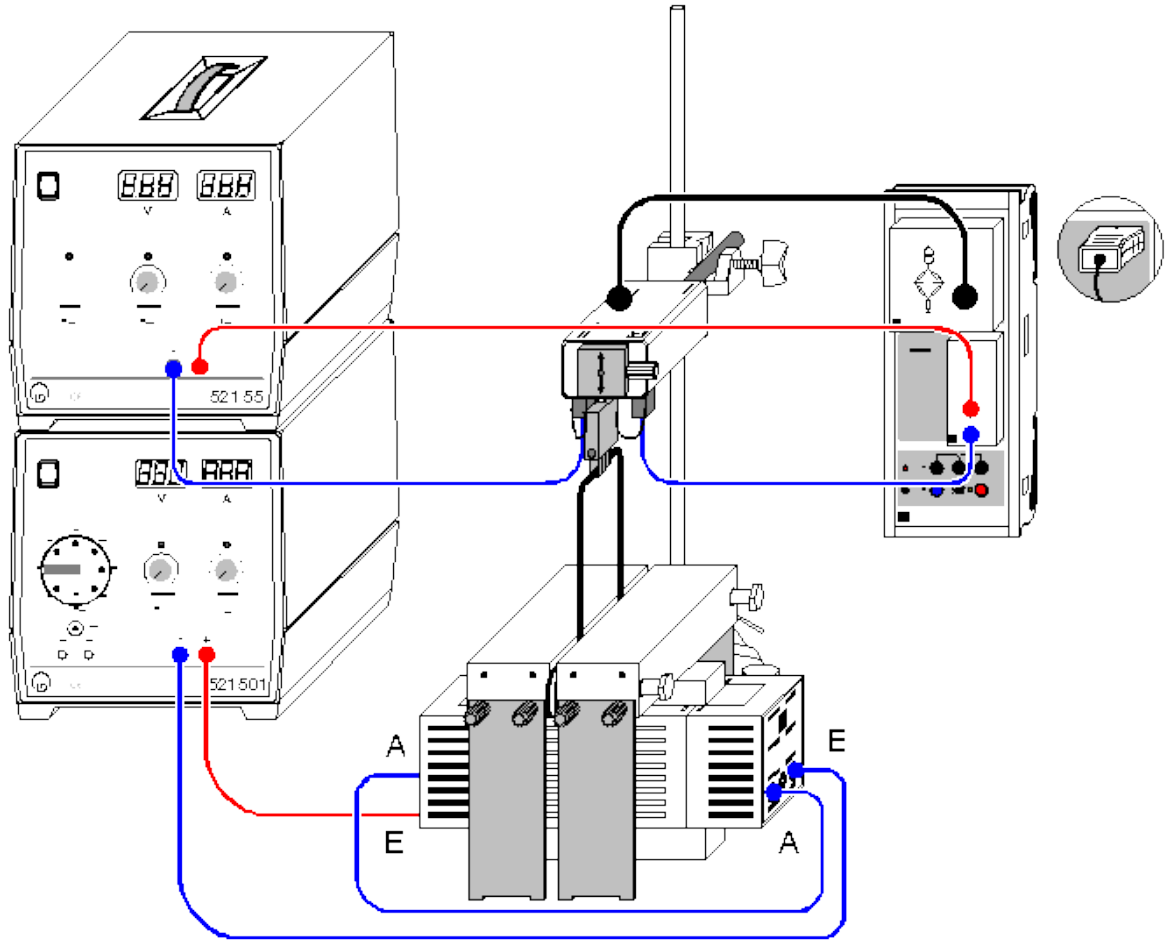
Evaluación

La fuerza crece linealmente con el incremento de la corriente. El factor de proporcionalidad F/I = B·s resulta de la pendiente de una recta promedio. De aquí se puede determinar la densidad de campo magnético B.

En el ejemplo F/I = 0,138 mN/A y con s = 0,08 m se obtiene B = 1,725 mT.

De $B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$ y con los valores para μ_0 = 1,257 µVs/Am, N = 120, I_C = 4,75 A y L = 0,41 m resulta el valor calculado B = 1,75 mT. Ambos resultado concuerdan muy bien dentro de la precisión de medición considerada.

Fuerza en el campo magnético de un electroimán



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se genera un campo magnético homogéneo B por medio de un electroimán con núcleo en U y una pieza sobrepuesta en las zapatas polares. Aquí se mide la fuerza F sobre un conductor por donde circula corriente en función de la intensidad de corriente I (F proporcional a I). Los resultados de la medición con diferentes longitudes s del conductor son resumidos y evaluados en una gráfica de conjunto (F/I proporcional a s). En general se verifica la relación

$F = I \cdot s \cdot B$

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Puente	524 041
	con Sensor de fuerzas y	314 261
	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
	o	
1	Sensor de fuerzas S, ±1 N	524 060
1	Unidad 30-A	524 043
1	Soporte de bucle conductor	314 265

1	Juego de bucles para la medición de fuerzas	516 34
1	Núcleo en U con yugo	562 11
2	Bobinas con 500 espiras	562 14
1	Dispositivo adicional de zapata polar	562 25
1	Fuente de alimentación de gran amperaje	521 55
1	Fuente de alimentación de c.a./c.c., 0...15 V	521 501
1	Base de soporte en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple Leybold	301 01
2	Cables, 50 cm, azules	501 26
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Inserte ambas bobinas en el núcleo en U. Coloque las dos pesadas zapatas polares transversalmente por encima. Los soportes laterales pueden ser variados en altura. La rendija puede variarse desplazando una de las zapatas polares y ajustarla con un fijador de distancia no magnético.

El sensor de fuerzas sostiene uno de los bucles conductores con el soporte de bucle conductor y debiendo ubicarse de tal manera que el bucle conductor quede sumergido en la rendija entre las zapatas polares del electroimán. El bucle conductor no debe tocar las zapatas polares. Las dos hembrillas de 4 mm situadas en la parte inferior del sensor de fuerzas han sido diseñadas para ser puntos de alimentación del soporte de bucle conductor. Estas no están conectadas internamente. Conecte el sensor de fuerzas a la entrada A del Sensor-CASSY por medio de la unidad Puente.

La corriente fluye desde la fuente de alimentación de 20 A a través de la unidad 30-A hacia la entrada B del Sensor-CASSY pasando por el bucle conductor y retorna nuevamente a la fuente de alimentación. La corriente de la segunda fuente de 5 A fluye por una de las bobinas y luego por la otra. Aquí se debe tener en cuenta que los campos magnéticos de ambas bobinas se suman (conectar los terminales A con A, y ambos terminales E a la fuente de alimentación, véase el esquema).

Realización del ensayo

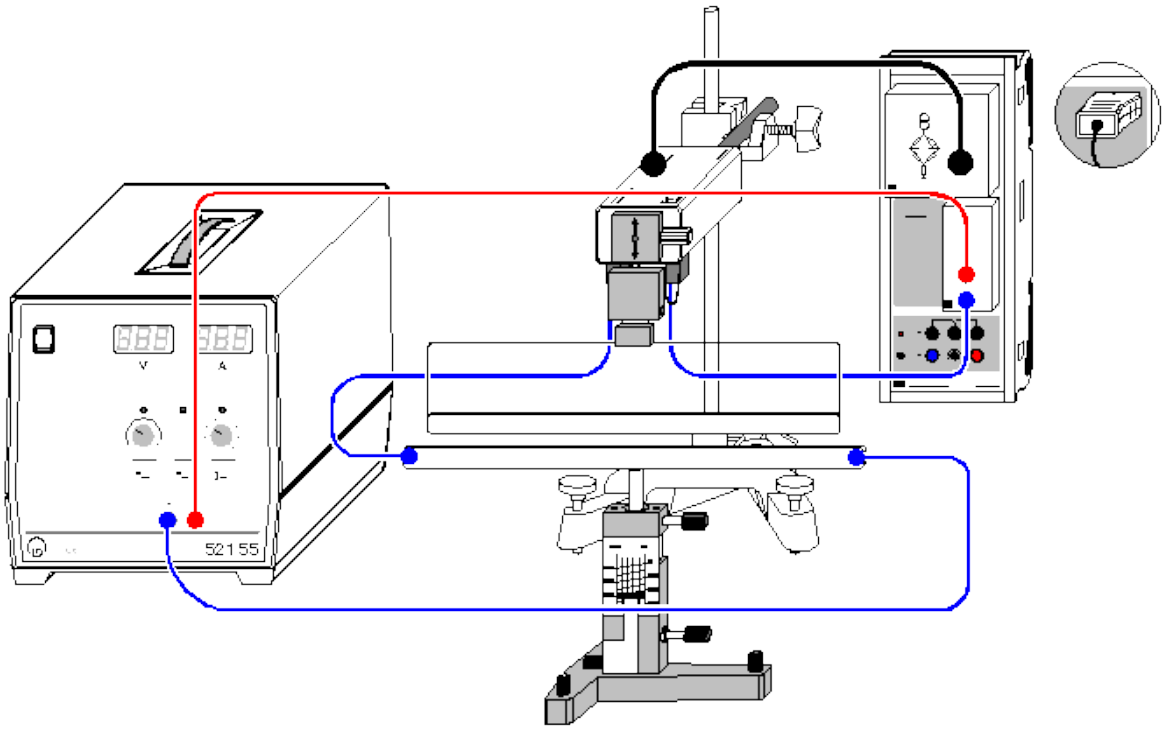
- Cargar ajustes
- Ponga en cero al sensor de fuerzas mediante **—> 0 <—** en Ajustes Fuerza FA1 y en caso necesario conecte el LED Smooth de la unidad Puente mediante **LED on/off**.
- Eventualmente tendrá que **Corregir** el valor de la corriente a 0 A en Ajustes Corriente IB1 (para ello ponga el primer valor teórico a 0 A y seleccione **Corregir offset**).
- En la fuente de alimentación de las bobinas ajuste la corriente a unos 2,5 A.
- Aumente gradualmente la corriente I del bucle conductor de 0 a 20 A en pasos de 2 hasta 5 A y registre en cada paso un valor con **F9**. Si comete un error en la medición elimine la medición de la tabla por medio de **Borrar última línea de tabla** (haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre la tabla).
- Si sólo se mide fuerzas negativas, intercambie las conexiones en el soporte de bucle conductor.
- Realice el experimento con rapidez porque el bucle conductor y el soporte de bucle conductor sólo pueden soportar por corto tiempo corrientes de 20 A.
- Ponga la corriente del bucle conductor nuevamente a 0 A.
- Registre las otras curvas con otras longitudes s de bucle conductor. Para ello seleccione **Adjuntar nueva serie de medición** en la ventana Parámetros de medición.

Evaluación

Para cada serie de medición F(I) se determina una recta promedio. Después de cada recta ajustada cámbiese a la representación **Campo magnético** (haga un clic con el ratón). Aquí se debe llenar otra tabla arrastrando, por medio del ratón, justo el valor de la pendiente F/I correspondiente a la longitud s de bucle conductor, desde la línea de estado hacia la tabla (función drag & drop). Inserte el valor de la longitud s del bucle en m directamente en la tabla por medio del teclado. El diagrama deseado aparecerá incluso durante la entrada de la tabla.

En esta representación el campo magnético B entre las dos zapatas polares se obtiene de la pendiente de la recta promedio, ya que F/I = B·s (en el ejemplo resulta B = 164 mN/(A·m) = 164 mT).

Fuerza entre conductores con corriente (Definición del amperio)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Sobre un conductor de longitud s por el cual pasa una corriente I y está inmerso en un campo magnético B actúa una fuerza F dada por la relación

$F = I \cdot s \cdot B$.

La densidad de flujo magnético B generada por un conductor largo a una distancia r del mismo viene expresada por

$B = \text{const.} \cdot I / r$.

De aquí que la fuerza F que actúa entre dos conductores paralelos por los que circula la misma corriente I es entonces

$F = \text{const.} \cdot I^2 \cdot s / r$.

Se define la intensidad de corriente eléctrica de la siguiente manera (definición del amperio): la intensidad de corriente I tiene el valor de 1 A, cuando entre dos conductores rectos supuestos infinitamente largos, situados a una distancia r = 1 m entre ellos y orientados en paralelo, por los cuales circula la misma corriente y con diámetros aproximados a cero, el valor absoluto de la fuerza F por unidad de longitud s es

$F / s = 2 \cdot 10^{-7}$ N/m

Se fija el valor:

$\text{const.} = 2 \cdot 10^{-7}$ N/A^2.

Normalmente se denomina a la constante con $\mu_0/2\pi$ y se obtiene

$F = \mu_0/2\pi \cdot I^2 \cdot s / r$

con $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A^2 = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am.

En el experimento se suspende un conductor de longitud s = 0,30 m a una distancia r de pocos milímetros sobre un conductor más largo. Se mide la fuerza F que actúa sobre el conductor suspendido para diferentes intensidades de corriente I y distancias r. El resultado verifica la definición del amperio.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Puente	524 041
	con Sensor de fuerzas y	314 261
	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
	o	
1	Sensor de fuerzas S, ±1 N	524 060
1	Unidad 30-A	524 043
1	Soporte de bucle conductor	314 265
1	Bucles conductores para la definición electrodinámica del amperio	516 33
1	Soporte de altura ajustable	516 31
1	Fuente de alimentación de gran amperaje	521 55
1	Base de soporte en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple Leybold	301 01
2	Cables, 50 cm, azules	501 26
1	Cable, 100 cm, rojo	501 30
1	Cable, 100 cm, azul	501 31
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El sensor de fuerzas sostiene un bucle conductor superior con el soporte de bucle conductor y ubicado de tal manera que la distancia entre ambos bucles conductores con la mitad de carrera del soporte de altura ajustable sea de unos 5 mm.

Las dos hembrillas de 4 mm situadas en la parte inferior del sensor de fuerzas han sido diseñadas para ser puntos de alimentación del soporte de bucle conductor. Estas no están conectadas internamente. Conecte el sensor de fuerzas a la entrada A del Sensor-CASSY por medio de la unidad Puente. La corriente fluye desde la fuente de alimentación de 20 A a través de la unidad 30-A hacia la entrada B del Sensor-CASSY pasando por los dos bucles conductores y retorna nuevamente a la fuente de alimentación.

Ahora acerque lentamente el bucle conductor del soporte hacia el bucle conductor suspendido, hasta que ambos justo se toquen (aquí las distancias entre los centros de los alambres es r = 2 mm). Al mismo tiempo observe que el bucle del soporte ajustable esté en paralelo con el bucle suspendido y en caso necesario corrija el paralelismo con el tornillo de ajuste.

Regule la corredera del punto cero del soporte ajustable a una marca definida y ajuste la distancia deseada entre ambos bucles conductores por medio del ajuste en altura (por ej. r = 4 mm).

Para obtener buenos resultados se requiere que los ajustes se hagan con mucho cuidado.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ponga en cero al sensor de fuerzas mediante **—> 0 <—** en Ajustes Fuerza FA1 y en caso necesario conecte el LED Smooth de la unidad Puente mediante **LED on/off**.
- Eventualmente tendrá que **Corregir** el valor de la corriente a 0 A en Ajustes Corriente IB1 (para ello ponga el primer valor teórico a 0 A y seleccione **Corregir offset**).
- Aumente gradualmente la corriente I del bucle conductor de 0 a 20 A en pasos de 2 A y registre en cada paso un valor con **F9**. Si comete un error en la medición elimine la medición de la tabla por medio de **Borrar última línea de tabla** (haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre la tabla).
- Si sólo se miden fuerzas negativas, intercambie las conexiones en el soporte de bucle conductor.

- Realice el experimento con rapidez porque el bucle conductor y el soporte de bucle conductor sólo pueden soportar corrientes de 20 A por corto tiempo.
- Al final, nuevamente ponga la corriente del bucle conductor a 0 A.
- Registre las otras curvas con otras distancias r entre bucles. Para ello seleccione **Adjuntar nueva serie de medición** en la ventana Parámetros de medición.

Evaluación

Para cada serie de medición F(I) se ajusta con una Parábola. Después de cada parábola cámbiese la representación **Definición del amperio** (haga un clic con el ratón). Aquí se debe llenar otra tabla arrastrando, por medio del ratón, justo el valor del parámetro F/I^2 de la parábola para la distancia r entre bucles conductores respectiva, desde la línea de estado hacia la tabla (función drag & drop). Inserte el valor de la distancia r entre bucles directamente en la tabla por medio del teclado. El diagrama deseado aparecerá incluso durante la entrada de la tabla.

En esta representación se obtiene la constante de la definición del amperio a partir del parámetro $F/I^2 \cdot r$ que resulta de un ajuste con hipérbola 1/x, esto es:

$\mu_0/2\pi = F/I^2 \cdot r / s = F/I^2 \cdot r / 0{,}3\ m.$

Para el ejemplo esto significa

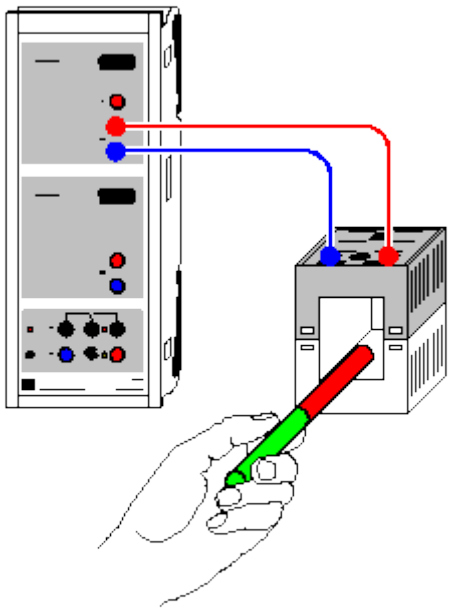
$\mu_0/2\pi = 0{,}000062\ mN \cdot m/A^2 / 0{,}3\ m = 2{,}1 \cdot 10^{-7}\ N/A^2 = 2{,}1 \cdot 10^{-7}\ Vs/Am.$

Por otro lado también es posible recalcular el eje X de r a 1/r en la representación Definición del amperio (hacer un clic con la tecla derecha del ratón). En esta representación se obtiene $\mu_0/2\pi$ mediante un ajuste con recta promedio.

Nota

La medición contiene errores sistemáticos. Por un lado el conductor tiene un largo finito. Esto significa que en los extremos del conductor el campo magnético no es el supuesto anteriormente y las fuerzas son menores. Además, sobre el conductor suspendido actúa una pequeña componente de fuerza opuesta debido a la parte superior de retorno.

Transitorios de tensión (Ley de inducción de Faraday)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Faraday encontró en el año 1831 que la variación del flujo magnético Φ debido a un bucle conductor cerrado induce en éste una tensión eléctrica. El flujo magnético viene dado por la integral de superficie de la densidad de flujo magnético, denominada también inducción magnética **B**

$$\Phi = \int_A \mathbf{B} \cdot \mathrm{d}\mathbf{A}$$

En particular él mostró que esta tensión inducida es proporcional a la derivada temporal del flujo magnético Φ y que el transitorio de tensión

$$\int_1^2 U \, \mathrm{d}t \sim \Phi_2 - \Phi_1 = \Delta\Phi$$

sólo depende de la variación del flujo magnético. Posteriormente descubre la ley de inducción que lleva su nombre

$$U = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} .$$

Aquí se mide la tensión inducida U(t) para diferentes densidades de flujo magnético B y números de espiras N de diferentes bobinas y en la evaluación de una curva registrada se determina la integral de tiempo y con ello el transitorio de tensión para verificar la ley de inducción de Faraday.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
2	Barras imantadas redondas	510 11
1	Bobina con 250 espiras	562 13
1	Bobina con 500 espiras	562 14
1	Bobina con 1000 espiras	562 15
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte una bobina a la entrada A del Sensor-CASSY.

Realización del ensayo

a) Medición en función del flujo magnético Φ

- Cargar ajustes
- Conecte la bobina con 250 espiras a la entrada A.
- Inicie la medición con **F9**.
- Introduzca 1 imán hasta la mitad y sáquelo nuevamente.
- Detenga la medición con **F9** (o automáticamente después de 10 s).
- Inicie la medición con **F9** y espere hasta que la nueva medición esté suficientemente avanzada para que no se sobreponga a la anterior.
- Introduzca 2 imanes hasta la mitad y sáquelos nuevamente.
- Detenga la medición con **F9** (o automáticamente después de 10 s).

b) Medición en función del número de espiras N

- Cargar ajustes
- Conecte la bobina con 250 espiras a la entrada A.
- Inicie la medición con **F9**.
- Introduzca un imán hasta la mitad y sáquelo nuevamente.
- Detenga la medición con **F9** (o automáticamente después de 10 s).
- Conecte la bobina con 500 espiras a la entrada A.
- Inicie la medición con **F9** y espere hasta que la nueva medición esté suficientemente avanzada para que no se sobreponga a la anterior.
- Introduzca el imán hasta la mitad y sáquelo nuevamente.
- Detenga la medición con **F9** (o automáticamente después de 10 s).
- Conecte la bobina con 1000 espiras a la entrada A.
- Inicie la medición con **F9** y espere hasta que la nueva medición esté suficientemente avanzada para que no se sobreponga a la anterior.
- Introduzca el imán hasta la mitad y sáquelo nuevamente.
- Detenga la medición con **F9** (o automáticamente después de 10 s).

Evaluación

En la parte a) del ensayo se puede concluir rápidamente mediante la evaluación Integración que los transitorios de tensión al introducir y retirar los imanes de una bobina son iguales con el mismo valor absoluto, pero que tienen diferente signo, esto es:

$$\int_{\downarrow} U(t)\,\mathrm{d}t = -\int_{\uparrow} U(t)\,\mathrm{d}t.$$

El empleo de 2 imanes verifica adicionalmente una proporcionalidad entre los transitorios de tensión y el número de los imanes utilizados o de la diferencia generada del flujo magnético

$$\int_1^2 U(t)\,\mathrm{d}t \sim \Phi_2 - \Phi_1 = \Delta\Phi.$$

Por diferenciación se verifica la ley de inducción de Faraday:

$$U = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$$

El flujo que atraviesa una bobina depende de su número de espiras N, ya que cada una de las espiras ve una diferencia de flujo $\Delta\Phi_0$ y el flujo total viene dado entonces por $\Delta\Phi = N \cdot \Delta\Phi_0$.

Si en la parte b) del ensayo uno observa la dependencia de un transitorio de tensión respecto del número N de espiras de la bobina utilizada, entonces se puede confirmar este resultado. Para ello se determina por ej. todas las áreas positivas y se las escribe junto con el número de espiras N en la representación **Número de espiras** (haga un clic sobre las celdas de la tabla). De la proporcionalidad se consigue nuevamente

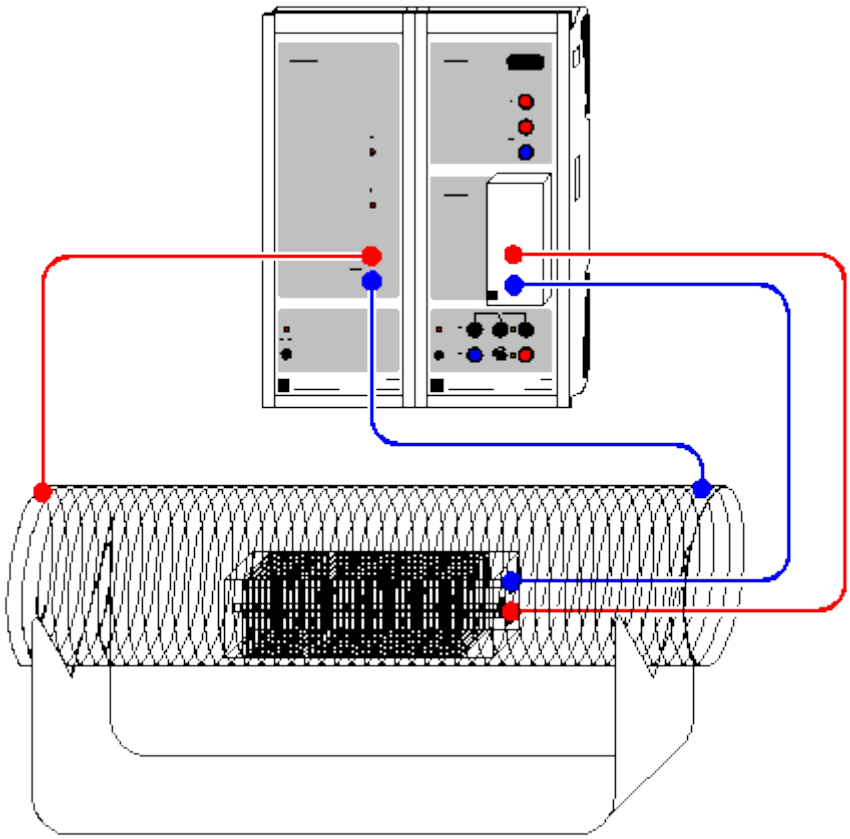
$$\int_1^2 U(t)\,\mathrm{d}t \sim N \cdot \Delta\Phi_0 = \Delta\Phi.$$

La pendiente de las rectas, en la representación de los transitorios de tensión, en función del número de espiras corresponde al flujo magnético Φ_0 que se genera causado por los imanes en una sola espira de la bobina.

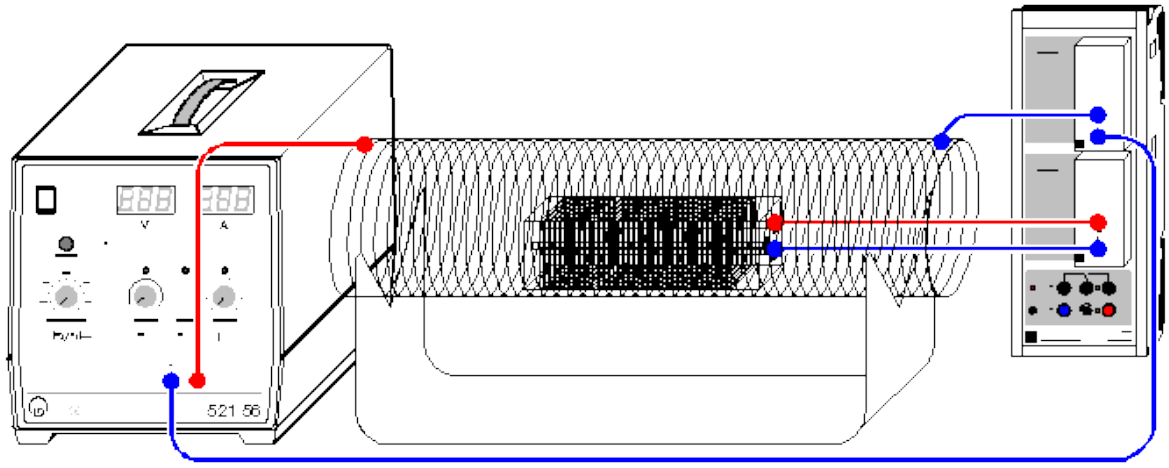
Recomendación para integración

Para la integración se debe encontrar el inicio del rango que no siempre es fácil de hallar cuando varias curvas de medición se sobreponen. El modo más simple es detener la medición con **F9** inmediatamente después del transitorio de tensión (no esperar hasta que transcurran 10 s) y calcular la integral inmediatamente después de la medición. Si en la siguiente medición con el transitorio de tensión se espera hasta que se termine la curva de medición anterior, entonces no habrá curvas sobrepuestas durante la integración.

Inducción causada por un campo magnético cambiante



Alternativa (sin Power-CASSY):



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Tensiones y corrientes que surgen por la variación de campos magnéticos se denominan tensiones de inducción o corrientes de inducción respectivamente, y el proceso mismo inducción magnética. Si en un campo magnético **B** se encuentra un bucle conductor, entonces el flujo magnético que atraviesa el bucle viene expresado por la integral de superficie siguiente:

$$\Phi = \int_A \mathbf{B} \cdot \mathrm{d}\mathbf{A}$$

Si se trata de una bobina con N_1 espiras en lugar de un bucle conductor, con todas las espiras situadas perpendicularmente al campo magnético, entonces Φ se incrementa de acuerdo con

$$\Phi = B \cdot A \cdot N_1.$$

Si el campo magnético B no cambia, entonces el flujo magnético Φ también permanece constante. Si el campo magnético varía con el tiempo y con ello el flujo magnético a través del área de la bobina, entonces en la bobina se induce una tensión y con ello una corriente, cuya intensidad y dirección depende del tipo de variación. Se cumple la ley de inducción de Faraday

$$U = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$$

y con ello

$$U = -\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t} \cdot A \cdot N_1.$$

Por otro lado una corriente eléctrica genera un campo magnético, por ej. cuando por una bobina fluye una corriente I. Para el campo magnético en el interior de una bobina cilíndrica grande de longitud L y un número de espiras N_2 se cumple

$$B = \mu_0 \frac{N_2}{L} I$$

con $\mu 0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am (permeabilidad magnética del vacío).

En el experimento se utiliza una bobina cilíndrica grande como bobina de excitación por donde se hace pasar un corriente cambiante I(t), la cual genera en el interior de la bobina un campo magnético cambiante B(t). En esta bobina de excitación se colocan bobinas de inducción rectangulares de diferentes áreas A y número de espiras N_1. En estas bobinas de inducción se induce una tensión U, la cual puede ser calculada mediante

$$U = -\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} \cdot \mu_0 \cdot A \cdot \frac{N_2}{L} \cdot N_1$$

En el experimento se verifica las proporcionalidades entre la tensión inducida U y la variación temporal dI/dt de la corriente de la bobina de excitación I, del área A de las bobinas de inducción y del número de espiras N_1 de las bobinas de inducción. El Power-CASSY (524 011) o la Fuente de alimentación de forma de onda triangular (521 56) son muy apropiados para tal propósito, ya que el curso temporal de la corriente de salida I puede ser controlado de tal manera que la pendiente | dI/dt | sea constante. Además, se dispone de tres bobinas de inducción cada una con N_1 = 300 espiras: bobina 1 con una sección transversal A = 50 × 50 mm^2, la bobina 2 con A = 30 × 50 mm^2 y la bobina 3 con A = 20 × 50 mm^2. Adicionalmente, la bobina 1 tiene derivaciones para N_1 = 100 y N_1 = 200 espiras.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad µV	524 040
1	Bobina de excitación, d = 120 mm	516 244
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Juego de 3 bobinas de inducción	516 241
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (sin Power-CASSY)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad µV	524 040
1	Unidad 30-A	524 043

1	Bobina de excitación, d = 120 mm	516 244
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Juego de 3 bobinas de inducción	516 241
1	Fuente de alimentación de forma de onda triangular	521 56
1	Cable, 50 cm, azul	501 26
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La bobina grande es alimentada con | dI/dt | constante, o bien desde el Power-CASSY o desde la fuente de alimentación con corriente de forma triangular. En el segundo caso la corriente que fluye debe ser medida con la unidad 30-A a la entrada A del Sensor-CASSY. La tensión inducida de las bobinas de inducción se registra con la unidad µV conectada a la entrada B.

Realización del ensayo

a) Medición de la tensión de inducción U en función del área A de las bobinas de inducción

- Cargar ajustes
- Coloque la bobina 1 (A = 0,0025 m^2, N_1 = 300 espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad µV.
- Realice la medición con **F9**.
- Repita la medición con las bobinas 2 (A = 0,0015 m^2) y 3 (A = 0,0010 m^2).

b) Medición de la tensión de inducción U en función del número de espiras N_1 de la bobina

- Cargar ajustes
- Coloque la bobina 1 (N_1 = 100 espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad µV.
- Realice la medición con **F9**.
- Repita la medición con N_1 = 200 y N_1 = 300 de la bobina 1.

c) Medición de la tensión de inducción U en función de dI/dt

- Cargar ajustes
- Coloque la bobina 1 (N_1 = 300 espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad µV.
- Realice la medición con **F9**.
- Repita la medición con una corriente máxima I_{max} o dI/dt menores; para ello desplace el la aguja del instrumento indicador con el ratón hacia la posición deseada.

Alternativa (sin Power-CASSY)

a) Medición de la tensión de inducción U en función del área A de las bobinas de inducción

- Cargar ajustes
- Coloque la bobina 1 (A = 0,0025 m^2, N_1 = 300 espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad µV.
- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{max}) justo siga todavía inactiva.
- Seleccione el ajuste medio dI/dt y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.
- Inicie la medición con **F9** (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1}, eventualmente desactive el trigger).
- Después de algunos períodos de corriente detenga la medición nuevamente con **F9**.
- Repita la medición con las bobinas 2 (A = 0,0015 m^2) y 3 (A = 0,0010 m^2).

b) Medición de la tensión de inducción U en función del número de espiras N_1 de la bobina

- Cargar ajustes
- Coloque la bobina 1 (N_1 = 100 espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad µV.

- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{max}) justo siga todavía inactivo.
- Seleccione el ajuste medio dI/dt y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.
- Inicie la medición con **F9** (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1}, eventualmente desactive el trigger).
- Después de algunos periodos de corriente detenga la medición nuevamente con **F9**.
- Repita la medición con N_1 = 200 y N_1 = 300 de la bobina 1.

c) Medición de la tensión de inducción U en función de la frecuencia de excitación del campo

- Cargar ajustes
- Conecte la bobina 1 (N_1 = 300 espiras), situada en la bobina de excitación grande, a la unidad µV.
- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{max}) justo siga todavía inactiva.
- Seleccione dI/dt = 0,2 A/s y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.
- Inicie la medición con **F9** (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1}, eventualmente desactive el trigger).
- Durante la medición aumente dI/dt en pasos de unos 0,4 A/s.
- Detenga la medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

Según la parte del ensayo uno puede cambiarse hacia la representación apropiada después de la medición (con el ratón hacer un clic sobre **Area**, **Número de espiras** o **dI/dt**). Aquí se deberá llenar otra tabla, en donde se determinará la tensión de inducción U para el parámetro respectivo A, N_1 o dI/dt (introduzca en la tabla mediante el teclado, dI/dt puede ser determinada mediante un ajuste con recta). La tensión de inducción U se obtiene por ej. de la determinación del valor medio. Esta podrá ser arrastrada con el ratón desde la línea de estado hacia la tabla (función drag & drop). El diagrama deseado aparecerá incluso durante la entrada de la tabla.

Los tres diagramas verifican las proporcionalidades entre la tensión de inducción U y el área A, el número de espiras N_1 y dI/dt.

En el ejemplo se obtiene un factor de proporcionalidad U/A = 101 mV/m^2 (ó 129 mV/m^2 sin Power-CASSY) entre la tensión de inducción U y la sección transversal de la bobina A. La teoría exige el factor de proporcionalidad

$$\frac{U}{A} = -\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} \cdot \mu_0 \cdot \frac{N_2}{L} \cdot N_1 \,.$$

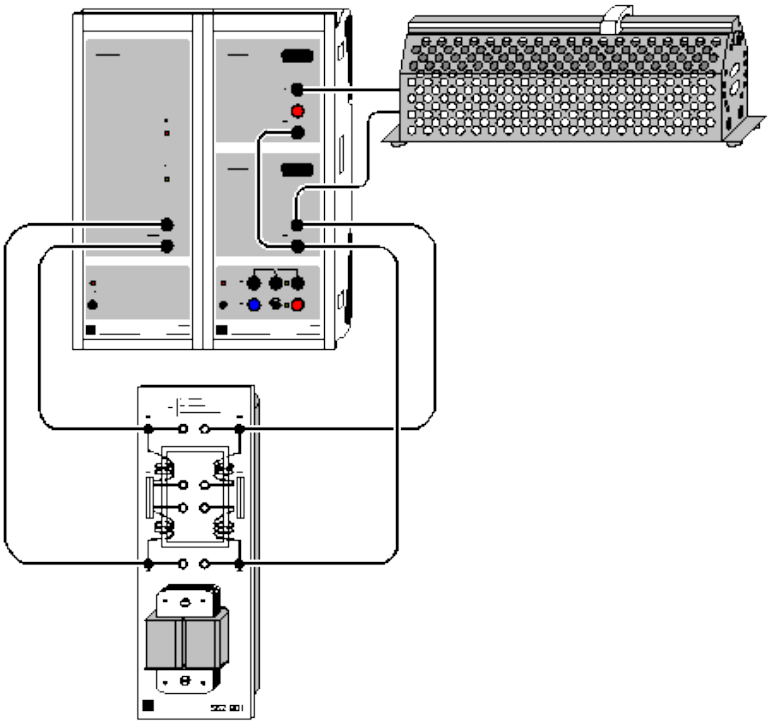
Como ejemplo de comparación tenemos que del número de espiras N_1 = 300 de la bobina de inducción y N_2 = 120 de la bobina sin núcleo, de la longitud L = 0,41 m de la bobina sin núcleo, del incremento de corriente dI/dt = 1,00 A/s (ó 1,19 A/s) obtenido y de la permeabilidad magnética del vacío $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am resulta un factor de proporcionalidad U/A = -110 mV/m^2 (ó -131 mV/m^2), que concuerda muy bien con el resultado experimental. El signo depende de los dos sentidos de los enrollamientos y de la conexión a la unidad µV.

Notas

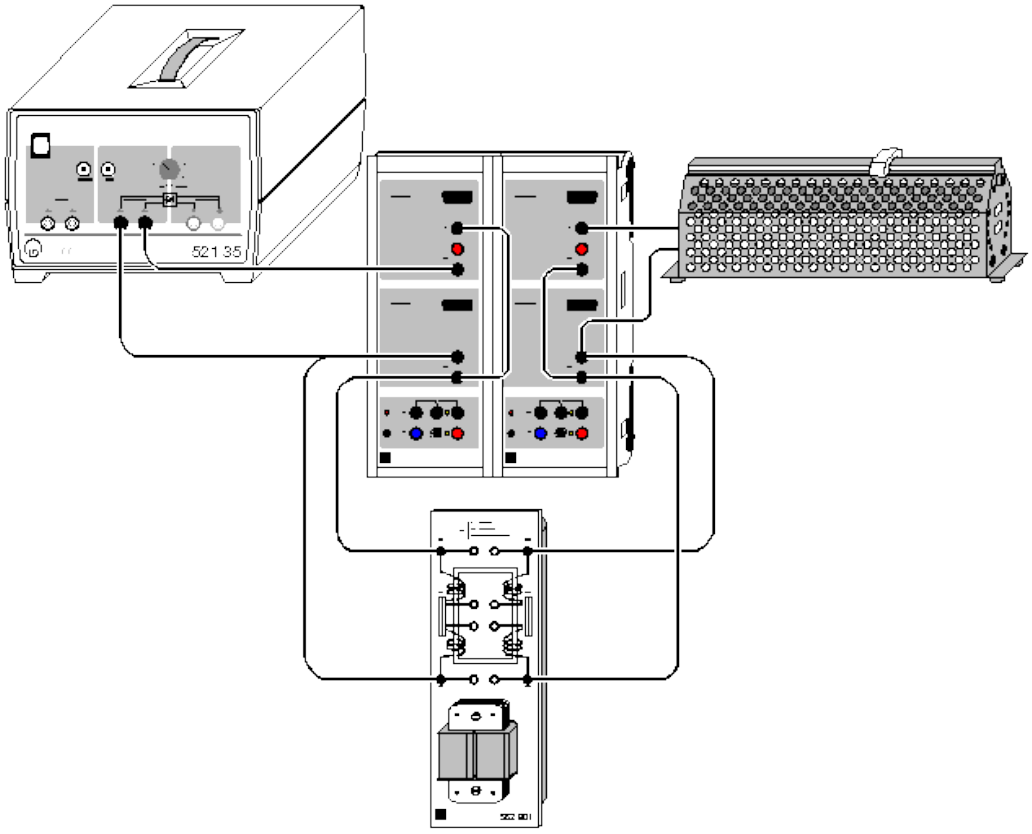
La unidad µV puede tener un pequeño offset, el cual puede ser eliminado en los Ajustes UB mediante **Corregir**, valor teórico 0 mV, **Corregir offset**; sin embargo, para ello se debe interrumpir el circuito de corriente de la bobina sin núcleo.

El Power-CASSY puede entregar también una frecuencia claramente más alta y con ello hacer innecesaria la unidad µV. Aquí se debe observar que la regulación de corriente del Power-CASSY en altas frecuencias y cargas inductivas tiende a sobreoscilar un poco, lo cual se observa en la tensión inducida (1. derivación de corriente) afeándola un tanto. Para contrarrestar ello se debe conectar en serie una resistencia óhmica de unos 10 Ω.

Registro dependiente del tiempo de tensión y corriente de un transformador



Alternativa (sin Power-CASSY):



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ejemplo se registra la tensión del primario y del secundario, así como la corriente del primario y del secundario de un transformador cargado como magnitudes que dependen del tiempo. CASSY Lab permite determinar directamente las potencias dependientes del tiempo en el circuito del primario y en el del secundario, así como el valor efectivo de la tensión y corriente, las relaciones de fase y las potencias activas.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Transformador para prácticas	562 801
1	Reóstato de 100 Ω	537 34
1	Cable, 25 cm, negro	500 414
6	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (sin Power-CASSY)

2	Sensor-CASSYs	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Transf. variable de baja tensión S	521 35
1	Transformador para prácticas	562 801
1	Reóstato de 100 Ω	537 34
2	Cables, 25 cm, negros	500 414
8	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El lado primario del transformador es alimentado por el Power-CASSY o por el transformador variable (aprox. 6 V~). En el segundo caso un segundo Sensor-CASSY debe medir la tensión del primario, corriente del primario y la fase (cos φ).

En el lado del secundario un Sensor-CASSY toma a su cargo las mediciones requeridas de tensión, corriente y fase (cos φ). El reóstato (cos φ = 1) provee al transformador con una carga óhmica. Si el usuario dispone de los elementos necesarios al transformador también se le puede conectar una carga inductiva o capacitiva (cos φ < 1). La dureza del transformador puede ser incrementada conectando en paralelo en el lado primario y en el secundario del transformador dos bobinas por lado.

El lugar del transformador para prácticas también se puede utilizar el transformador desmontable.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Inicie la medición con **F9**.
- Varíe la carga (por ej. también puede ser inductiva o capacitiva) y observe los efectos que causa en el circuito del secundario y en el del primario.
- Varíe la dureza y observe el comportamiento bajo carga.
- Eventualmente cambiar la forma de la curva o frecuencia de la tensión del primario en Ajustes U1 del Power-CASSY y observe el resultado.
- Finalice la medición con **F9**.

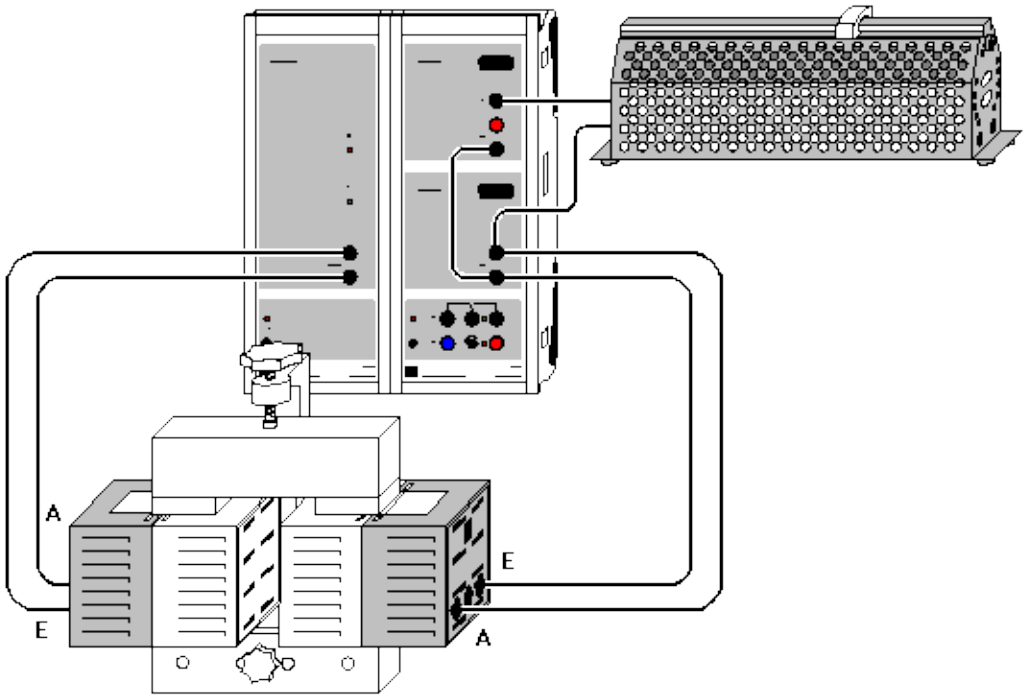
Evaluación

Durante o después de la medición usted puede cambiarse a la representación **Potencia** (hacer un clic con el ratón). Allí se representan también las dos potencias dependientes del tiempo.

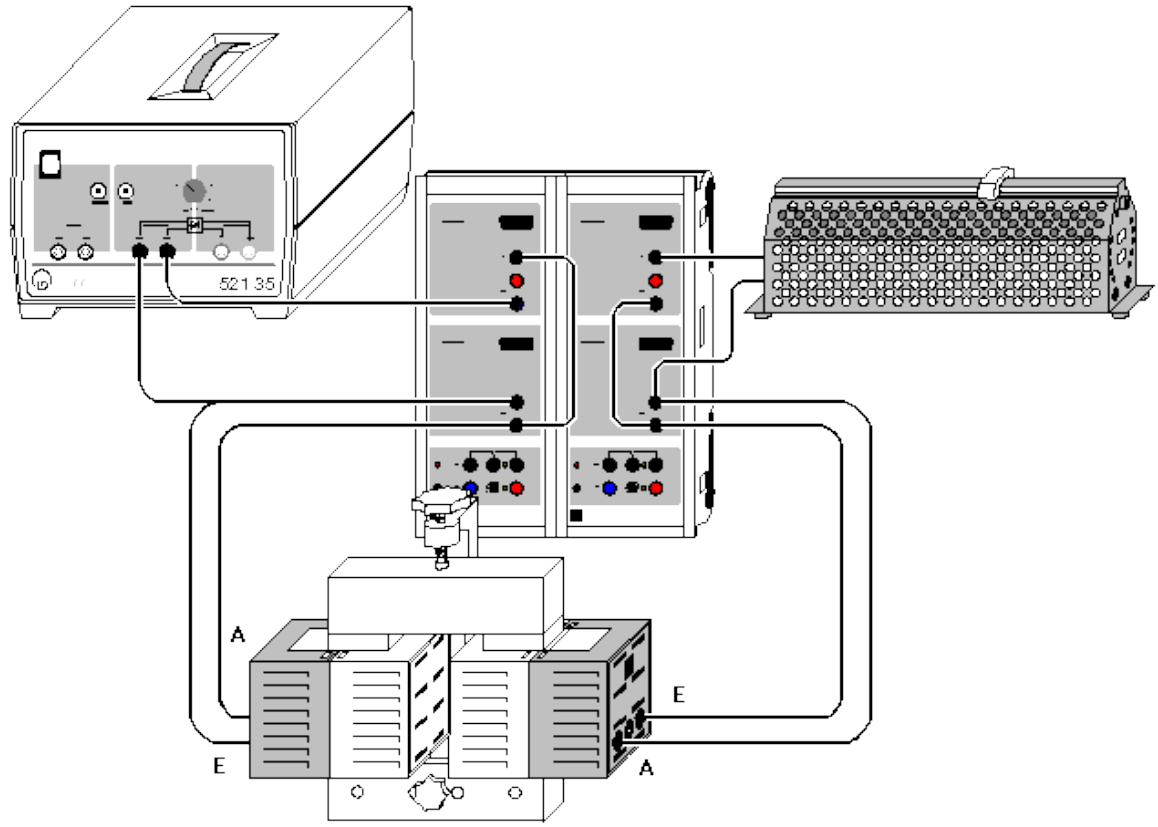
Recomendación

Para visualizar u ocultar simultáneamente los instrumentos de medición pulse la tecla **F7**.

Transmisión de potencia de un transformador



Alternativa (sin Power-CASSY):



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ejemplo se estudia la transmisión de potencia de un transformador. Con tal propósito se mide simultáneamente los valores efectivos de la tensión del primario y del secundario, así como la corriente del primario y del secundario para una resistencia de carga variable R = 0 - 100 Ω. Además, se determina el desfasaje entre la tensión y la corriente en el lado del primario y en el secundario. Para la evaluación se calcula la potencia del primario P_1, la potencia del secundario P_2 y la eficiencia $\eta = P_2/P_1$ y se las traza en un gráfico en función de la resistencia de carga R.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
2	Bobinas con 250 espiras	562 13
1	Reóstato de 100 Ω	537 34
1	Cable, 25 cm, negro	500 414
6	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (sin Power-CASSY)

2	Sensor-CASSYs	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Transf. variable de baja tensión S	521 35
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
2	Bobinas con 250 espiras	562 13
1	Reóstato de 100 Ω	537 34
2	Cables, 25 cm, negros	500 414
8	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El lado del primario del transformador es alimentado por el Power-CASSY o por el transformador variable (aprox. 6 V~). En el segundo caso un segundo Sensor-CASSY debe medir la tensión del primario, corriente del primario y la fase (cos φ).

En el lado del secundario un Sensor-CASSY toma a su cargo las mediciones requeridas de los valores efectivos de tensión, corriente y fase (cos φ). El reóstato (cos φ = 1) provee al transformador con una carga óhmica.

El lugar del transformador desmontable también se puede utilizar el transformador para prácticas.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ajuste el reóstato al mínimo (unos 0 Ω).
- Active la medición con **F9**.
- Incremente la resistencia en pasos y cada vez registre los valores mediante **F9**.

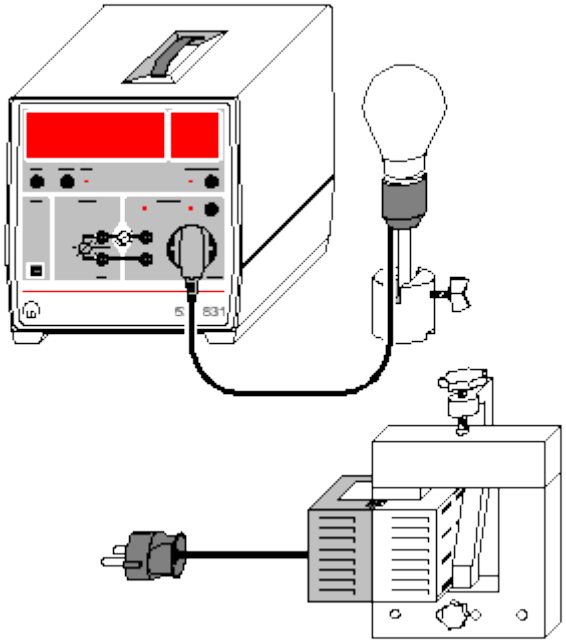
Evaluación

Los puntos de entrega de potencia máxima y eficiencia máxima pueden ser leídos fácilmente del diagrama.

Recomendación

Para visualizar u ocultar simultáneamente los instrumentos de medición pulse la tecla **F7**.

Potencia de consumidores con tensión alterna de red



Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

En el tomacorriente del medidor de potencia y energía se aplican tensiones de red. Incluso si estas son desconectadas por medio de la configuración del software, éstas siguen siendo potencialmente peligrosas. A más tardar al salir del software la tensión de red es aplicada nuevamente.

Descripción del ensayo

Se registra las variables dependientes del tiempo U(t), I(t) y P(t) para algunos consumidores (cargas) conectados a la tensión alterna de la red. Además, se visualiza la potencia activa P, la potencia aparente S, la potencia reactiva Q y el factor de potencia cosφ y se puede hacer una comparación entre ellas.

La potencia activa P es el valor medio de la potencia momentánea P(t)=U(t)·I(t). La potencia aparente S está definida como producto de ambos valores eficaces U e I, esto es, S=U·I. El factor de potencia cosφ es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente: cosφ = P/S. Esto también es válido si la tensión U(t) y la corriente I(t) presentan un comportamiento no sinusoidal cualquiera. Sin embargo, en este caso φ ya no puede ser interpretada como desfase entre corriente y tensión. Por último, la potencia reactiva Q se calcula a partir de la potencia activa P y la potencia aparente S:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Equipo requerido

1	Medidor de potencia y energía	531 831
1	Portalámpara E27	451 17
1	Lámpara incandescente de 60 W, E27	505 301
1	Lámpara ahorrativa de 14 W, E27	505 3181
1	Zócalo	300 11
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
1	Bobina de red, 230 V	562 21
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Enrosque las lámparas en el portalámparas o coloque la bobina de red en el núcleo en U, ciérrela con el yugo y atorníllela fijamente con el dispositivo de sujeción.

Una el conector del portalámparas o de la bobina de red (encienda la bobina de red) con el tomacorriente del medidor de potencia y energía.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Para encender el consumidor haga un clic sobre el instrumento indicador Conmutador X.
- Inicie la medición con **F9**.
- Apague el consumidor.

Evaluación

La tensión alterna de red U(t) tiene la forma sinusoidal bastante aproximada.

Lámpara incandescente

Las funciones I(t) y P(t) son aproximadamente de forma sinusoidal. La potencia momentánea P(t) sólo acepta valores positivos. La potencia activa y la potencia aparente son idénticas. La potencia reactiva es pequeña y puede ser despreciada. El facto de potencia cosφ es 1.

Lámpara ahorradora de energía

Las funciones I(t) y P(t) no son de forma sinusoidal. La potencia momentánea P(t) acepta sólo valores positivos. La potencia activa es menor que la potencia aparente y la potencia reactiva. El factor de potencia cosφ es de aprox. 0,64.

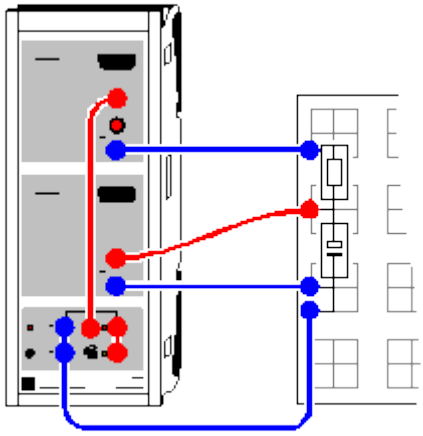
Bobina de red con núcleo de hierro

Las funciones I(t) y P(t) no son de forma sinusoidal. La potencia momentánea P(t) acepta tanto valores positivos como negativos. La potencia activa es menor que la potencia aparente y la potencia reactiva. El factor de potencia cosφ es de aprox. 0,18.

Nota

También se puede estudiar otros consumidores. Aunque puede ser necesario adaptar el rango de medida de la corriente (tecla derecha del ratón sobre el botón I). Eventualmente, después se debe adaptar las fórmulas y las unidades para S y Q (por ej. U*I/1000, si hay que indicar U e I en V y A respectivamente, pero S en kW).

Carga y descarga de un condensador



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un condensador es cargado y descargado a través de una resistencia. Se mide el curso de la tensión en el condensador y la corriente de carga y descarga. De estas mediciones se determina la constante de tiempo $\tau = RC$ y se calcula la energía del condensador.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
3	Condensadores STE, 100 µF	578 39
1	Resistencia STE, 100 Ω	577 32
1	Cable, 50 cm, azul	500 422
1	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
2	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito de carga y descarga se conecta a la entrada A (corriente) y a la entrada B (tensión) del Sensor-CASSY según el esquema. El relé R carga al condensador en la posición ON (LED encendido) con la tensión que la fuente de tensión S entrega y descarga el condensador en la posición OFF (LED apagado).

Realización del ensayo

a) Descarga

Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a aprox. 9,5 V – para ello gire el botón de la fuente de tensión S hasta encontrar ese valor.
- Inicie la descarga con **F9**.
- Repita la descarga con diferentes capacidades (por ej. 200 µF y 300 µF).

b) Carga

- Conmutar el relé manualmente – para ello cambie la fórmula de **1** a **0** en Ajustes Relé R1 y confirme su entrada con la tecla Entrar.
- Inicie la carga con **F9**.
- Repita la carga con diferentes capacidades (por ej. 200 µF y 300 µF).

Evaluación

Para la determinación de las constantes de tiempo $\tau = RC$ las representaciones **Tensión** y **Corriente** (selecciónelas con el ratón) deben ser convertidas a logaritmos. A tal efecto haga un clic sobre el eje

Y con la tecla derecha del ratón y conviértalo a logaritmo. Para conseguir una mejor representación al tomar el logaritmo se recomienda prefijar los mínimos manualmente (por ej. -1 para log U ó -3 para log I). La pendiente A resultante del ajuste con recta es en ambos casos A = -0,4343/RC.

La constante de tiempo resulta directamente del ajuste exponencial o del ajuste libre de la función A*exp(-x/B) o A*(1-exp(-x/B)) con valores iniciales apropiados para la tensión de carga A y la constante de tiempo B = RC = τ.

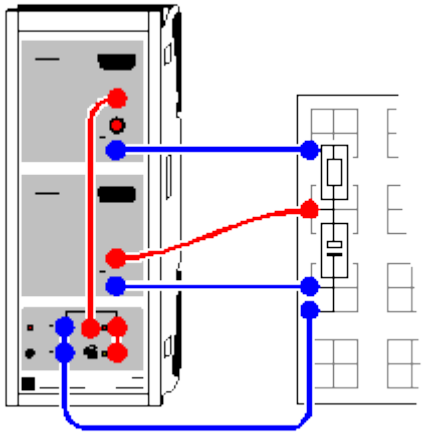
También es posible determinar las capacidades C a partir de la carga Q entregada o tomada. La carga Q resulta de la integral del diagrama I(t) y Q = CU (U es la tensión de carga).

La energía almacenada $E = \frac{1}{2}CU^2$ es la integral del diagrama P(t) en la representación **Potencia**.

Recomendación

Un punto cero definido se consigue en la manera más simple mediante el ajuste de un trigger. Lo más apropiado para ello es la corriente I_{A1} (al carga por ej. 0,001 A, flanco ascendente, al descargar por ej. –0,001 A, flanco descendente).

Carga y descarga de un condensador (con generación de modelo)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un condensador es cargado o descargado a través de una resistencia. En esta experiencia se mide el comportamiento de la tensión en el condensador.

Como suplemento al ensayo anterior aquí se compara el curso de la tensión medida con el curso de la tensión $U_C(t)$ que resulta de la conservación de la energía. La potencia $U \cdot I(t)$ suministrada exteriormente debe ser igual a la suma de las potencias del condensador $d(1/2 \cdot C \cdot U_C(t)^2)/dt$ y de la resistencia $R \cdot I(t)^2$, esto es:

$U \cdot I(t) = U \cdot Q'(t) = d(1/2 \cdot Q(t)^2/C)/dt + R \cdot I(t)^2 = Q(t)/C \cdot Q'(t) + R \cdot Q'(t)^2$

y luego de la transformación en Q'(t)

$Q'(t) = I(t) = -Q(t)/RC+U/R.$

U es la tensión externa aplicada y corresponde a la tensión al final del proceso de carga o descarga. Las constantes R y C corresponden a la resistencia utilizada y al condensador. La tensión $U_C(t)$ en el condensador es Q(t)/C.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
3	Condensadores STE de 100 µF	578 39
1	Resistencia STE de 100 Ω	577 32
1	Cable de experimentación, 50 cm, azul	500 422
1	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
2	Pares de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte el circuito de carga y descarga según el esquema, a las entradas A (corriente) y B (Tensión) del Sensor-CASSY. El relé R carga al condensador en la posición ON (LED encendido) con la fuente de tensión S y descarga el condensador en la posición OFF (LED apagado).

Realización del ensayo

a) Descarga

Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a 9,5 V – para ello gire el botón de la fuente de tensión S respectivamente hasta encontrar ese valor.
- Inicie la descarga con **F9**.

- Repita la descarga con diferentes capacidades (por ej. 200 µF y 300 µF)

b) Carga

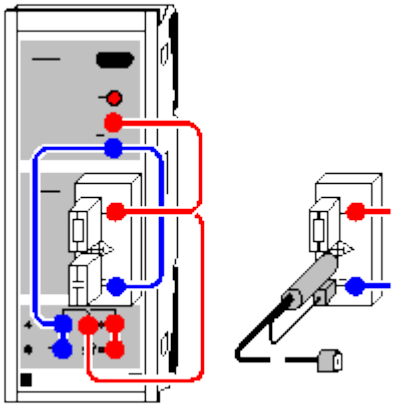
Cargar ajustes
- Inicie la carga con **F9**.
- Repita la carga con diferentes capacidades (por ej. 200 µF y 300 µF)

Generación del modelo

En la carga de un condensador la condición inicial es Q(t=0)=0. Las constantes Resistencia R, Capacidad C y la tensión externa aplicada U pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

En la descarga del condensador la condición inicial es $Q(t=0)=C \cdot U_0$. Las constantes Resistencia R, Capacidad C y la tensión inicial U_0 del condensador pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición.

Carga y descarga de un condensador pequeño (Capacitancias de cables)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un condensador es cargado y descargado a través de una resistencia. Se mide el curso de la tensión $U_B(t)$ en el condensador y la corriente $I_A(t)=(U_A-U_B(t))/R$ de carga y descarga. De estas mediciones se determina la constante de tiempo $\tau = RC$ y se calcula la energía del condensador.

Como condensador se utilizan pequeños condensadores STE o un cable BNC cuya capacitancia puede ser determinada.

Para la medición altamente óhmica en el condensador se usa la unidad Electrómetro extremadamente.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Electrómetro	524 054
1	Resistencia STE, 1 GΩ	577 02
1	Condensador STE, 47 pF	578 21
1	Condensador STE, 100 pF	578 22
1	Condensador STE, 220 pF	578 23
1	Cable de medición BNC/4 mm, 120 pF	575 24
3	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito de carga y descarga se conecta a la entrada A y a la entrada B del Sensor-CASSY según el esquema. El relé R carga al condensador en la posición ON (LED encendido) con la tensión que la fuente de tensión S entrega y descarga el condensador en la posición OFF (LED apagado).

Realización del ensayo

a) Descarga

Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a aprox. 7,5 V – para ello gire el botón de la fuente de tensión S hasta encontrar ese valor.
- Inicie la descarga con **F9**.
- Repita la descarga con diferentes capacidades (por ej. 100 pF y 220 pF).

b) Carga

- Conmutar el relé manualmente – para ello cambie la fórmula de **1** a **0** en Ajustes Relé R1 y confirme su entrada con la tecla Entrar.
- Inicie la carga con **F9**.
- Repita la carga con diferentes capacidades (por ej. 100 pF y 220 pF).

Evaluación

Para la determinación de las constantes de tiempo $\tau = RC$ las representaciones **Tensión** y **Corriente** (selecciónelas con el ratón) deben ser convertidas a logaritmos. A tal efecto haga un clic sobre el eje Y con la tecla derecha del ratón y conviértalo a logaritmo. Para conseguir una mejor representación al tomar el logaritmo se recomienda prefijar los mínimos manualmente (por ej. -1 para log U ó -3 para log I). La pendiente A resultante del ajuste con recta es en ambos casos A = -0,4343/RC.

La constante de tiempo resulta directamente del ajuste exponencial o del ajuste libre de la función A*exp(-x/B) o A*(1-exp(-x/B)) con valores iniciales apropiados para la tensión de carga A y la constante de tiempo B = RC = τ. La constante de tiempo resulta en segundos con la capacidad en nF para R = 1 GΩ.

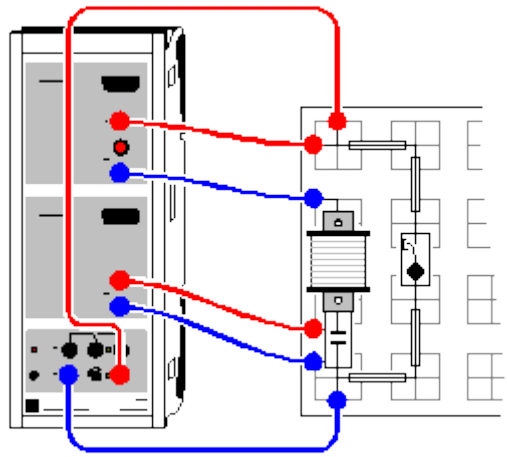
También es posible determinar las capacidades C a partir de la carga Q entregada o tomada. La carga Q resulta de la integral del diagrama I(t) y Q = CU (U es la tensión de carga).

La energía almacenada $E = \frac{1}{2}CU^2$ es la integral del diagrama P(t) en la representación **Potencia**.

Recomendación

Un punto cero definido se consigue en la manera más simple mediante el ajuste de un trigger. Lo más apropiado para ello es la tensión U_{A1} (al carga por ej. 0,5 V, flanco ascendente, al descargar por ej. 0,5 V, flanco descendente).

Circuito oscilatorio amortiguado



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un circuito oscilatorio eléctrico amortiguado es excitado y se registra la oscilación libre. Se observa la atenuación y la diferencia de fase entre U(t) y I(t). En la evaluación se compara con la teoría los parámetros frecuencia ω y el factor de atenuación δ de la oscilación determinados en el ensayo.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Bobina STE, 1000 espiras	590 84
1	Condensador STE, 1 µF, 5 %	578 15
1	Pulsador (contacto NO)	579 10
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
3	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito oscilatorio se monta según el esquema sobre el tablero de conexiones. La corriente fluye a través de la entrada A del Sensor-CASSY y se mide la tensión del condensador a la entrada B. Para iniciar el experimento el condensador es cargado desde la fuente de tensión S. Para el inicio de la oscilación se debe presionar el pulsador que cierra el circuito de la fuente de tensión S.

Nota

En lugar del pulsador se puede utilizar el relé R. Sin embargo, éste puede tener un rebote tan intenso en el encendido que en el primer milisegundo de la oscilación éste queda distorsionado.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a aprox. 9,5 V utilizando la fuente de tensión S.
- Inicie la medición con **F9** (espera de la señal de trigger).
- Cierre el circuito con el pulsador (genera la señal de trigger).

Evaluación

La frecuencia f de la oscilación puede ser determinada de la manera más fácil por medio al seleccionar **Espectro de frecuencias** (haga un clic en la representación y calcule el centro del pico). La amplitud inicial y la constante de tiempo de la atenuación se obtienen de los parámetros A y B del ajuste mediante una envolvente.

Con estos parámetros se muestra e ilustra muy bien la concordancia entre U(t) con y(t) = A*exp(-t/B)*sen(f*t*360). Para tal fin se debe cambiar los parámetros A, B y f en los ajustes de fórmulas y y elegir la representación **Ajuste**.

Ejemplo

En el ejemplo del ensayo de la envolvente U(t) se obtiene la amplitud inicial A = 6,64 V y la constante de tiempo B = 1,77 ms. La frecuencia de la oscilación resulta 1235 Hz. La función de la oscilación toma la forma

y(t) = 6,64*exp(-t/0,00177)*sen(1235*t*360)

y está indicada como una función del ajuste en U(t). Para I(t) son válidas la misma constante de tiempo y la frecuencia pero con otra amplitud inicial y fase.

De los parámetros obtenidos también se pueden sacar conclusiones sobre los parámetros R, L y C del circuito oscilatorio, ya que en un circuito oscilante amortiguado se cumple:

$U(t) = U_0 \exp(-\delta t) \operatorname{sen}(\omega t)$ con

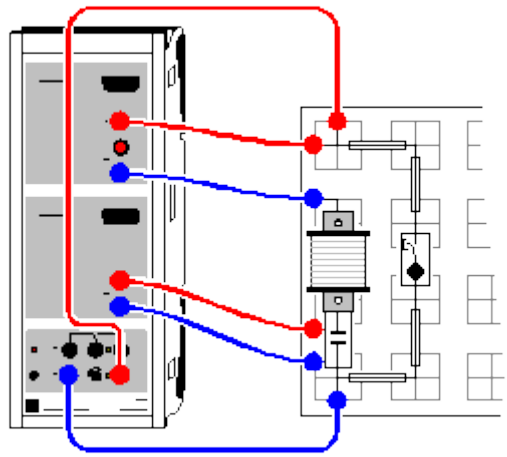
(1) $\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2$,
(2) $\omega_0^2 = 1/LC$ y
(3) $\delta = R/2L$ (= 1/B de la envolvente).

Con los valores anteriormente determinados se obtiene:

$\omega = 2\pi f = 7760$ /s
$\delta = 565$ /s
$\omega_0 = 7781$ /s de (1).

De (2) se puede calcular la inductancia L de la bobina, si se conoce la capacidad C. En el ejemplo se obtiene L = 0,0165 H (con C = 1 µF). De (3) resulta para la resistencia atenuadora R = 18,6 Ω. Este último resultado concuerda muy bien con la especificación de la bobina utilizada (R = 18 Ω).

Circuito oscilador amortiguado (con generación de modelo)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se excita un circuito oscilatorio eléctrico y se registra las oscilaciones libres como flujo de corriente a través del circuito oscilatorio.

Como suplemento al ensayo anterior aquí se compara el comportamiento de la corriente medida con el curso de la corriente I(t) que resulta de la conservación de la energía. Las suma de las potencias del condensador $d(1/2 \cdot C \cdot U_C(t)^2)/dt$, de la bobina $d(1/2 \cdot L \cdot I(t)^2)/dt$ y de la resistencia $R \cdot I(t)^2$ debe ser cero, ya que durante la oscilación libre no se suministra energía alguna, esto es:

$$d(1/2 \cdot Q(t)^2/C)/dt + d(1/2 \cdot L \cdot I(t)^2)/dt + R \cdot I(t)^2 = Q(t)/C \cdot Q'(t) + L \cdot Q'(t) \cdot Q''(t) + R \cdot Q'(t)^2 = 0$$

y luego de la transformación en Q''(t)

$$Q''(t) = I'(t) = -Q(t)/LC - R \cdot Q'(t)/L$$

Las constantes R, L y C corresponden a la resistencia empleada, a la bobina y al condensador respectivamente.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Bobina STE de 1000 espiras	590 84
1	Condensador STE de 1 µF, 5 %	578 15
1	Pulsador (NO)	579 10
1	Juego de conectores puente	501 48
3	Pares de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el circuito oscilatorio según el esquema usando el tablero de conexiones. La corriente fluye por la entrada A del Sensor-CASSY y la tensión del condensador se mide en la entrada B. Al inicio del experimento el condensador es cargado desde la fuente de tensión S. Para iniciar la oscilación se debe oprimir el pulsador que cierra el circuito de la fuente de tensión S.

Realización del ensayo

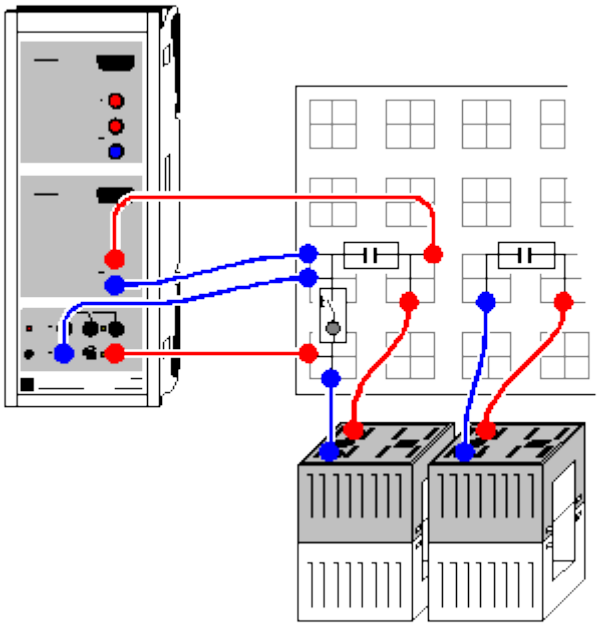
Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a aprox. 9,5 V – para ello ajuste la fuente de tensión S hasta encontrar ese valor.
- Inicie la medición con **F9** (espera la señal del trigger).
- Cierre el circuito con el pulsador (genera la señal del trigger).

Generación del modelo

La condición inicial para la carga Q del condensador es $Q(t=0)=-U_0 \cdot C$ con la tensión inicial U_0. Esta tensión U_0 no es exactamente la tensión de carga del condensador, porque la medición empieza recién con el disparo en I=0. Por esta razón la segunda condición inicial es simple $I(t=0)=0$. Las constantes Resistencia R, Capacidad C, Inductancia L y la tensión inicial U_0 pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición. Al mismo tiempo se debe considerar la resistencia de corriente continua de la bobina (aprox. 20 Ω) en la resistencia de amortiguación R.

Circuitos oscilatorios acoplados



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se compara el espectro de frecuencias de circuitos eléctricos oscilantes acoplados con el espectro de un circuito oscilante no acoplado. La señal transformada de Fourier del circuito oscilante acoplado muestra el desdoblamiento en dos distribuciones simétricas alrededor de la señal no acoplada, cuya distancia entre si depende del acoplamiento de los circuitos oscilantes.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Pulsador	579 10
2	Condensadores STE, 1 µF, 5 %	578 15
2	Bobinas con 500 espiras	562 14
4	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El primer circuito oscilatorio se monta conforme el esquema. La tensión del condensador se mide a la entrada B del Sensor-CASSY. Para iniciar el experimento se debe cargar el condensador desde la fuente de tensión S. Para el inicio de la oscilación presione al pulsador con el cual la fuente de tensión S cierra el circuito.

El segundo circuito oscilante se monta por separado. Su bobina debe ser colocada directamente al lado de la primera para el acoplamiento del circuito oscilatorio.

Nota

En lugar del pulsador se puede utilizar el relé R. Sin embargo, éste puede tener un rebote tan intenso en el encendido que en el primer milisegundo de la oscilación éste queda distorsionado.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Ajuste la tensión de carga U_{B1} en el condensador a aprox. 9,5 V utilizando la fuente de tensión S.
- Inicie la medición con **F9** (espera de la señal de trigger).
- Cierre el circuito con el pulsador (genera la señal de trigger).

- Coloque la bobina del segundo circuito oscilatorio directamente a lado de la primera bobina para el acoplamiento.
- Inicie la medición con **F9** (espera de la señal de trigger).
- Cierre el circuito con el pulsador (genera la señal de trigger).

Evaluación

En el caso no acoplado se obtiene una oscilación armónica amortiguada. La oscilación acoplada es un batido con la misma envolvente y la misma frecuencia de oscilación.

En el caso no-acoplado el **espectro de frecuencias** muestra solo un pico, cuya frecuencia puede ser determinada con el cálculo del centro del pico.

En el caso acoplado la frecuencia se desdobla simétricamente en dos frecuencias. Las amplitudes son solo la mitad de la del caso no-acoplado y la distancia depende del acoplamiento.

Partiendo de las ecuaciones diferenciales de los circuitos oscilatorios acoplados

$$\begin{aligned} L\ddot{I}_1 + kL\ddot{I}_2 + I_1/C &= 0 \\ L\ddot{I}_2 + kL\ddot{I}_1 + I_2/C &= 0 \end{aligned}$$

con acoplamiento k (0 ≤ k < 1) se tienen las dos frecuencias propias ω_1 y ω_2

$$\frac{\omega_0}{\sqrt{1+k}} = \omega_1 < \omega_0 < \omega_2 = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-k}}.$$

En particular la frecuencia de oscilación del sistema acoplado es igual

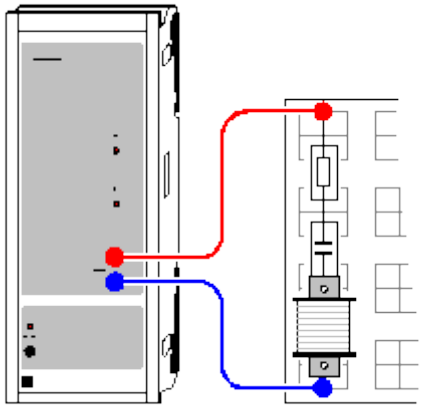
$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-k^2}} \approx \omega_0$$

y permanece prácticamente sin cambiar frente al caso del sistema no-acoplado (para pequeños k).

Nota

El desdoblamiento en dos picos exactamente iguales se consigue solo cuando los circuitos son exactamente iguales. Esta condición no se cumple siempre debido a las tolerancias de las inductancias L y las capacidades C.

Oscilaciones forzadas (Resonancia)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

A un circuito oscilatorio eléctrico RLC en serie se le aplica una oscilación sinusoidal de frecuencia f con amplitud constante. Después de un corto tiempo de respuesta, en el circuito oscilatorio se ajusta igualmente una oscilación de frecuencia f.

Se estudia el valor efectivo de la corriente I que fluye y la fase φ de la corriente para la tensión aplicada en función de la frecuencia f y de la resistencia óhmica R de atenuación. Las curvas de lugar ilustran la adición de resistencias complejas.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74
1	Bobina STE, 500 espiras	590 83
1	Condensador STE de 4,7 µF, 5%	578 16
2	Resistencias STE de 1 Ω	577 19
1	Resistencia STE de 5,1 Ω	577 21
1	Resistencia STE de 10 Ω	577 20
1	Resistencia STE de 20 Ω	577 23
1	Resistencia STE de 47 Ω	577 28
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito oscilatorio se conecta al Power-CASSY de acuerdo al esquema. En caso necesario se debe conectar en serie resistencias de atenuación.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9**. Aquí se eleva automáticamente la frecuencia f en pequeños pasos. Después de un corto tiempo de respuesta se mide y se representa cada vez el valor efectivo de la corriente I y la fase cos φ entre la tensión y la corriente.
 El ancho del paso es variable y se orienta según los predeterminados para el número n_0, la frecuencia inicial f_0 y la frecuencia de resonancia f_1 aproximada. Entre ambas frecuencias f_0 y f_1 se registran n_0 datos. Luego la frecuencia f aumenta más y de tal manera que en $f=f_1$, esto es, en las cercanías de la frecuencia de resonancia, los valores son registrados muy densamente. Esto hace que el tiempo de medición requerido se reduzca notablemente en comparación a los pasos de frecuencia equidistantes. Los predeterminados pueden ser modificados arrastrando el puntero con el ratón o cambiando los valores de los parámetros después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón.

La condición de medición **f < 5*f1 and f < 5000 and delta t > 2/f+2** permite el registro de datos hasta 5 kHz (o hasta cinco veces la frecuencia de resonancia), pero lo más temprano después de 2/f+2 s luego de un aumento de frecuencia (tiempo de respuesta).

- Detenga la medición con **F9** al alcanzar la frecuencia deseada.
- En caso necesario repita la medición con otras resistencias de atenuación.

Evaluación

Para la determinación de la frecuencia de resonancia del circuito oscilatorio es apropiado utilizar, por ejemplo, la determinación del centro del pico en la representación **Resonancia**.

En las otras representaciones se representan también la **Potencia** y la **Fase** respecto a la frecuencia.

Las últimas dos representaciones muestran las **Curvas de lugar** para la impedancia compleja Z del circuito oscilatorio, así como para la admitancia compleja Y. En la representación Z se puede leer, de una manera muy ilustrativa, la adición de resistencias complejas en una conexión en serie: $Z = R + i\omega L + 1/i\omega C$. Como en el ejemplo para cada resistencia de atenuación sólo la frecuencia ω, y con ello la parte imaginaria de Z varía, la parte óhmica real se mantiene constante. En el plano de números complejos se obtienen así líneas perpendiculares, cuya distancia al eje imaginario corresponde justo a la resistencia R óhmica. Como en el ejemplo la bobina posee una resistencia interna óhmica de aprox. 4 Ω, la distancia al eje imaginario es un poco mayor que la resistencia de atenuación respectiva en 4 Ω aproximadamente.

Nota

Para un circuito de corriente alterna se puede escribir

$U = |U| * e^{i\omega t}$ y $I = |I| * e^{i(\omega t+\varphi)}$

En donde la impedancia compleja Z = U/I ya no depende de t

$Z = |U|/|I| * e^{-i\varphi} = |Z| * e^{-i\varphi}$ (Curva de lugar Z)

La inversa será

$Y = 1/Z = 1/|Z| * e^{i\varphi}$ (Curva de lugar Y)

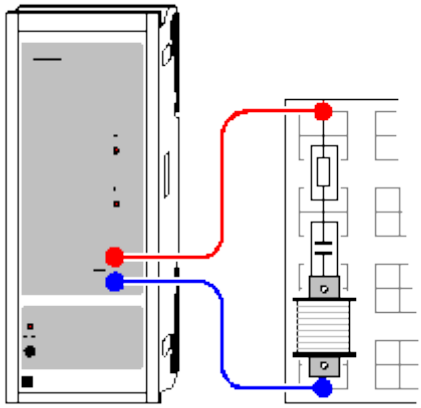
La curva de lugar Y corresponde a la inversión compleja de la curva de lugar Z ($r \rightarrow -r$, $\varphi \rightarrow -\varphi$). Mediante esta transformación, a partir de las rectas $Z = R + i\omega L + 1/i\omega C$ de las curvas de lugar Z se obtiene círculos en la representación Y (reflexión en el círculo unitario).

Recomendación

Los instrumentos de medición pueden ser visualizados y ocultados mediante la misma tecla **F7**.

Una simple logaritmización del eje de frecuencia o del eje de corriente puede conseguirse después de hacer un clic sobre el eje respectivo con la tecla derecha del ratón.

Oscilaciones forzadas (con generación de modelo)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

A un circuito oscilatorio RLC en serie se le aplica una oscilación sinusoidal de frecuencia f con amplitud constante. Asimismo después de un corto tiempo de respuesta en el circuito oscilatorio se establece una oscilación de frecuencia f.

Como suplemento al ensayo anterior aquí se compara el comportamiento de la corriente medida con el curso de la corriente I(t) que resulta de la conservación de la energía. La potencia $U(t)\cdot I(t)$ suministrada exteriormente debe ser igual a la suma de las potencias del condensador $d(1/2\cdot C\cdot U_C(t)^2)/dt$, de la bobina $d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt$ y de la resistencia $R\cdot I(t)^2$, esto es:

$$U(t)\cdot I(t) = U(t)\cdot Q'(t) = d(1/2\cdot Q(t)^2/C)/dt + d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt + R\cdot I(t)^2 = Q(t)/C\cdot Q'(t) + L\cdot Q'(t)\cdot Q''(t) + R\cdot Q'(t)^2$$

y luego de la transformación en Q''(t)

$$Q''(t) = I'(t) = U(t)/L - Q(t)/LC - R\cdot Q'(t)/L$$

Las constantes R, L y C corresponden a la resistencia empleada, a la bobina y al condensador respectivamente.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74
1	Bobina STE de 500 espiras	590 83
1	Condensador STE de 4,7 µF, 5 %	578 16
2	Resistencias STE de 1 Ω	577 19
1	Resistencia STE de 5,1 Ω	577 21
1	Resistencia STE de 10 Ω	577 20
1	Resistencia STE de 20 Ω	577 23
1	Resistencia STE de 47 Ω	577 28
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito de oscilación se conecta al Power-CASSY según el esquema. Si es necesario hay que conectar en serie resistencias de amortiguación adicionales.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

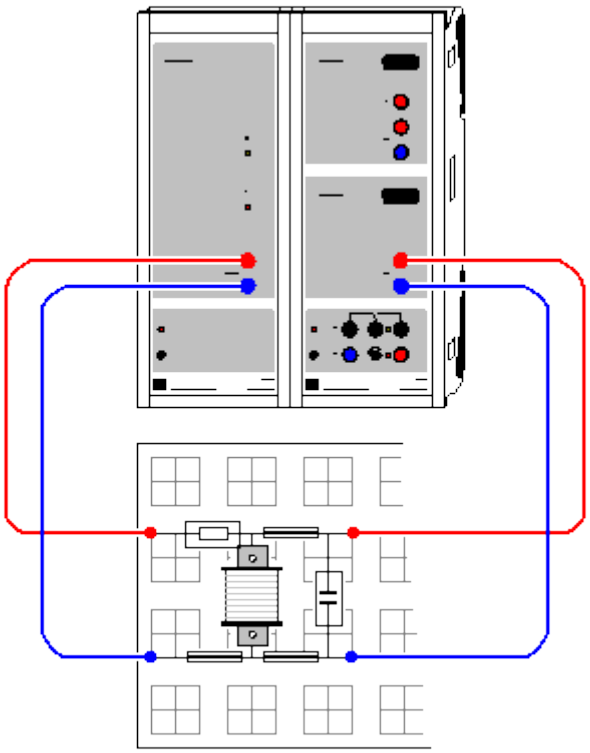
- Inicie la medición con **F9**.
- Si es necesario repita la medición con otra frecuencia f (desplace el puntero del instrumento indicador) o con otras resistencias de amortiguación.

Generación del modelo

Las condiciones iniciales para la carga Q del condensador y para la corriente I son cero, porque el circuito oscilatorio no tiene tensión ni corriente antes de la medición. Las constantes Resistencia R, Capacidad C y la Inductancia L pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición. Al mismo tiempo se debe considerar la resistencia de corriente continua de la bobina (aprox. 4 Ω) en la resistencia de amortiguación R.

El Power-CASSY conecta la frecuencia excitadora al iniciarse la medición. Inmediatamente se visualiza también el proceso transitorio del circuito oscilatorio. Dependiendo de la atenuación y frecuencia se puede observar que al inicio el circuito oscilatorio oscila con su propia frecuencia (frecuencia de resonancia), antes de ser forzado a oscilar con la frecuencia excitadora.

Filtro RLC (Paso bajo, paso alto, pasabanda)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

A un filtro eléctrico compuesto de resistencia y condensador (RC), resistencia y bobina (RL) o de una resistencia y de un circuito oscilatorio LC en paralelo (RLC) se le aplica una tensión sinusoidal de frecuencia f con amplitud constante. Después de un corto tiempo de respuesta a la salida del filtro se ajusta igualmente una oscilación de frecuencia f.

Se estudia los valores efectivos de la tensión de salida U y de la corriente que fluye I, las impedancias $Z_1 = 1/(1/i\omega C) + i\omega L$) (solo LC) y $Z = R + 1/(1/i\omega C) + i\omega L$) (R con LC) y la fase φ entre corriente y la tensión aplicada en función de la frecuencia f.

Aquí se muestra de manera contundente el efecto de un filtro paso bajo (RC), paso alto (RL) y pasabanda (RLC), y se discute acerca de las impedancias, desfasajes y la resonancia en paralelo en un filtro RLC. Las curvas de lugar ilustran la adición de resistencias complejas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Resistencia STE 100 Ω	577 32
1	Bobina STE de 500 espiras	590 83
1	Condensador STE de 4,7 µF, 5%	578 16
2	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El filtro eléctrico se conecta al Power-CASSY y al Sensor-CASSY según el esquema. Durante el ensayo se puede variar el tipo de filtro (RC, RL o RLC) conectando o desconectando la bobina (L) o el condensador (C).

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Realice un filtro RC retirando la bobina.
- Inicie la medición con **F9**. La frecuencia f se eleva automáticamente en pequeños pasos. Después de un corto tiempo de respuesta se mide y se representa cada vez los valores efectivos de la tensión de salida U y de la corriente I.
 El ancho del paso es variable y se orienta según los predeterminados para el número n_0, la frecuencia inicial f_0 y la frecuencia de resonancia f_1 aproximada. Entre ambas frecuencias f_0 y f_1 se registran n_0 datos. Luego la frecuencia f aumenta más y de tal manera que en $f=f_1$, esto es, en las cercanías de la frecuencia de resonancia, los valores son registrados muy densamente. Esto hace que el tiempo de medición requerido se reduzca notablemente en comparación a los pasos de frecuencia equidistantes. Los predeterminados pueden ser modificados arrastrando el puntero con el ratón o cambiando los valores de los parámetros después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón.
 La condición de medición **f < 5*f1 and f < 5000 and delta t > 2/f+3** permite el registro de datos hasta 5 kHz (o hasta cinco veces la frecuencia de resonancia), pero lo más temprano después de 2/f+3 s luego de un aumento de frecuencia (tiempo de respuesta).
- Detenga la medición con **F9** al alcanzar la frecuencia deseada.
- Repita la medición con un filtro RL y un filtro RLC.

Evaluación

Las representaciones **Tensión de salida** y **Corriente de entrada** (hacer un clic con el ratón) muestran los cursos de la tensión de salida y de la corriente que fluye en función de la frecuencia. El filtro RC atenúa la tensión de salida en altas frecuencia por octava (doble de la frecuencia) en aproximadamente en la mitad (paso bajo). Por el contrario el filtro RL atenúa las frecuencias bajas por octava (partición de la frecuencia) en aproximadamente la mitad (paso alto). El filtro RLC atenúa fuera de la frecuencia de resonancia del circuito de oscilación LC en paralelo de acuerdo a los filtros individuales. En el rango de resonancia la tensión de salida tiene un máximo bien marcado (pasabanda). La frecuencia de resonancia es independiente de R.

Adicionalmente calcula y representa las dos impedancias Z_1 (solo LC) y Z (R con LC). La resistencia del circuito oscilatorio LC en paralelo es máxima en su frecuencia de resonancia (en el caso ideal sería incluso infinita). La corriente que fluye es por lo tanto mínima y con ello también la caída de tensión en la resistencia. Por esta razón la salida de tensión es máxima en el caso de resonancia.

La representación **Fase** muestra el desfasaje entre la tensión aplicada y la corriente que fluye.

Las últimas dos representaciones muestran las **Curvas de lugar** para la impedancia compleja Z del filtro, así como para la admitancia compleja Y. En la representación Z se puede leer, de una manera muy ilustrativa, la adición de resistencias complejas en una conexión en serie. En el caso de un filtro de paso bajo se cumple $Z = R + 1/i\omega C$ y en el de paso alto se cumple $Z = R + i\omega L$. Como sólo la frecuencia ω, y con ello la parte imaginaria de Z varía, la parte óhmica real se mantiene constante. En el plano de números complejos se obtienen así líneas perpendiculares, cuya distancia al eje imaginario corresponde justo a la resistencia R óhmica. Como en el ejemplo la bobina posee una resistencia interna óhmica de aprox. 4 Ω, en el caso del filtro paso alto la distancia al eje imaginario es mayor a la del filtro de paso bajo en 4 Ω aproximadamente.

Nota

Para un circuito de corriente alterna se puede escribir

$U = |U| * e^{i\omega t}$ und $I = |I| * e^{i(\omega t+\varphi)}$

En donde la impedancia compleja Z = U/I ya no depende de t

$Z = |U|/|I| * e^{-i\varphi} = |Z| * e^{-i\varphi}$ (Curva de lugar Z)

La inversa será

$Y = 1/Z = 1/|Z| * e^{i\varphi}$ (Curva de lugar Y)

La curva de lugar Y corresponde a la inversión compleja de la curva de lugar Z (r -> -r, φ -> -φ). Mediante esta transformación, a partir de las rectas $Z = R + 1/i\omega C$ y $Z = R + i\omega L$ de las curvas de lugar Z se obtiene semicírculos en la representación Y (reflexión en el círculo unitario).

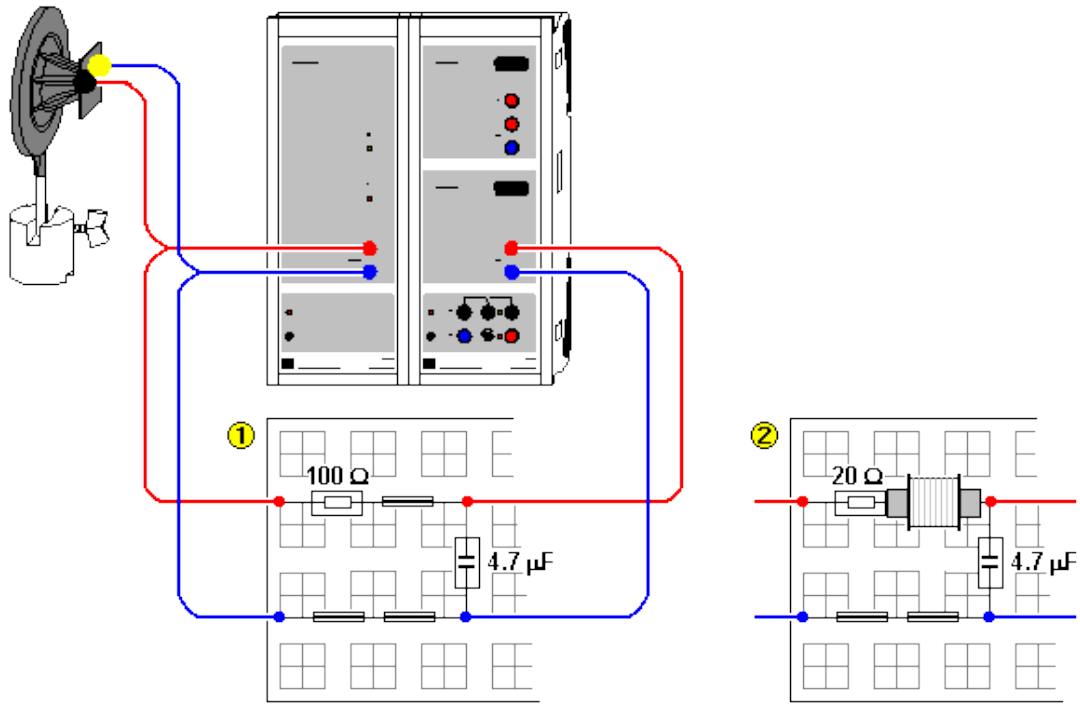
Recomendación

Los instrumentos de medición pueden ser visualizados y ocultados mediante la misma tecla **F7**.

Una simple logaritmización del eje de frecuencia o del eje de corriente puede conseguirse después de hacer un clic sobre el eje respectivo con la tecla derecha del ratón.

Las atenuaciones de 6 dB/octava (ó 20 dB/década) pueden ser leídas fácilmente en una representación logarítmica doble como una pendiente ±1.

Filtro paso bajo (con generación de modelo)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el primer ensayo se aplican pulsos rectangulares con amplitud constante a un filtro paso bajo de 1er. orden ① compuesto de resistencia y condensador (RC) o a un filtro paso bajo de 2do. orden ② compuesto de resistencia, bobina y condensador (RLC). Se estudia la respuesta del filtro a estos pulsos (Respuesta a un escalón) y se la compara con un modelo.

En el segundo ensayo al filtro paso bajo se le aplica una señal de entrada de frecuencia variable (Chirp). Tanto la señal de entrada como la señal de salida medida son sometidas a una transformación de Fourier y ambos espectros de frecuencia son divididos uno con otro. La variación de amplitudes obtenida, dependiente de la frecuencia (Característica de amplitudes), es representada y comparada con un modelo.

Las ecuaciones del modelo para el 1er. orden (RC) y el 2do. orden (RLC) resultan de la conservación de la energía. La potencia suministrada $U(t)\cdot I(t)$ exteriormente debe ser igual a la suma de las potencias del condensador $d(1/2\cdot C\cdot U_C(t)^2)/dt$, de la bobina $d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt$ y de la resistencia $R\cdot I(t)^2$, esto es:

$$U(t)\cdot I(t) = U(t)\cdot Q'(t) = d(1/2\cdot Q(t)^2/C)/dt + d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt + R\cdot I(t)^2 = Q(t)/C\cdot Q'(t) + L\cdot Q'(t)\cdot Q''(t) + R\cdot Q'(t)^2.$$

De aquí que para un filtro paso bajo de 1er. orden (L = 0) se obtenga:

$$Q_{RC}'(t) = -Q_{RC}(t)/RC+U(t)/R$$

y para un paso bajo de 2. orden (L > 0)

$$Q_{RLC}''(t) = I_{RLC}'(t) = U(t)/L-Q_{RLC}(t)/LC-R\cdot Q_{RLC}'(t)/L$$

Las constantes R, L y C corresponden a la resistencia utilizada, a la bobina y al condensador. Para la tensión de salida del filtro se cumple $U_{RC}(t)=Q_{RC}(t)/C$ ó $U_{RLC}(t)=Q_{RLC}(t)/C$ dependiendo del orden.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74

1	Resistencia STE 20 Ω	577 23
1	Resistencia STE 47 Ω	577 28
1	Resistencia STE 100 Ω	577 32
1	Bobina STE de 500 espiras	590 83
1	Condensador STE de 4,7 µF, 5 %	578 16
2	Pares de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Se recomienda:

1	Altavoz	587 07
1	Base cilíndrica	300 11
1	Núcleo de hierro, laminado	del 593 21
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El filtro paso bajo de 1er. orden o de 2do. orden se conecta al Power-CASSY y al Sensor-CASSY según el esquema. Si desea elevar la inductancia L de la bobina utilice un núcleo de hierro laminado. Para un mejor entendimiento de la medición de las características de amplitudes se le recomienda conecte el altavoz a la salida del Power-CASSY.

Realización del ensayo

a) Respuesta a un escalón

Cargar ajustes

- Realice el filtro RC (1er. orden) o filtro RLC (2do. orden).
- Inicie la medición con **F9**.
- Si es necesario repita la medición con otra frecuencia f (desplace el puntero del instrumento indicador) o repítala con el orden cambiado.

b) Característica de amplitudes

Cargar ajustes

- Realizar el filtro RC (1er. orden) o filtro RLC (2do. orden).
- Inicie la medición con **F9**.
- Si es necesario repita la medición con el orden cambiado.

Generación del modelo

Las constantes Resistencia R, Capacidad C e Inductancia L pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición. Al mismo tiempo se debe considerar la resistencia de corriente continua de la bobina (aprox. 4 Ω) en la resistencia amortiguadora R.

a) Respuesta a un escalón

Las representaciones **Modelo RC** y **Modelo RLC** (seleccionarla con el ratón) muestran la comparación entre la respuesta del filtro medida y la respuesta del modelo respectivo. El Power-CASSY entrega la frecuencia excitadora continuamente. Y es por ello que en la señal de medición no se ve la respuesta transitoria del filtro. Para que en el modelo tampoco se vea la respuesta transitoria se ha elegido un periodo anterior al cero como momento inicial del cálculo, esto es: t_0=–1/f.

Las otras representaciones **Espectro de frecuencia RC** y **Espectro de frecuencia RLC** permiten comparar la atenuación de la señal de entrada en función de la frecuencia y del orden del filtro. Otra posibilidad de comparación la ofrece la medición directa de la característica de amplitudes.

b) Característica de amplitudes

El Power-CASSY excita al filtro con una frecuencia variable (Chirp). En este Chirp se eleva la frecuencia muy rápidamente desde 0 Hz hasta aprox. 2500 Hz. En la **Característica de amplitudes** se representa la relación de las amplitudes de la señal de salida con respecto a la señal de entrada del filtro. La curva negra es la curva de medición, la curva roja es el resultado del modelo de 1er. orden y la curva azul muestra el modelo de 2do. orden.

En la medición se debe tener en cuenta que la respuesta del filtro no sature al Sensor-CASSY (véase la representación **Estándar**). Si es necesario repita la medición con una amplitud A reducida o con una resistencia R aumentada.

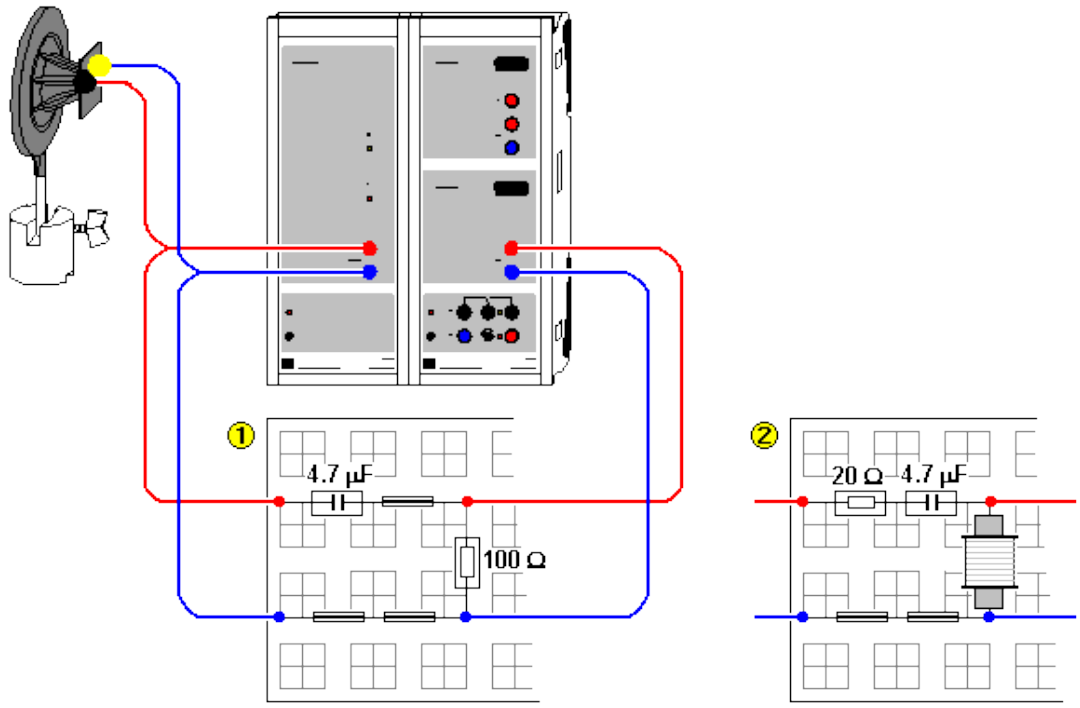
Nota acerca de la medición de la característica de amplitudes

Al cambiar la frecuencia fundamental f del Chirp (en el ejemplo f = 2,5 Hz) cambie simultáneamente el intervalo de medición de tal forma que el periodo de medición T corresponda nuevamente al periodo del Chirp (en el ejemplo T= 400 ms).

Adicionalmente se requiere adaptar el rango de definición de las amplitudes A_B, A_{RC} y A_{RLC}. En el ejemplo las relaciones de amplitudes sólo son definidas cuando la amplitud del FFT en el denominador es por lo menos 1,5 % de la amplitud de entrada A.

El tiempo de cálculo del modelo está limitado a 5 s. Si esto no es suficiente en ordenadores lentos, entonces el análisis de Fourier subsiguiente será calculado sólo a partir de la solución incompleta. En este caso se recomienda aumentar el tiempo de cálculo máximo del modelo.

Filtro paso alto (con generación de modelo)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el primer ensayo se aplica pulsos rectangulares con amplitud constante a un filtro paso alto de 1er. orden ① compuesto de resistencia y condensador (RC) o a un filtro paso alto de 2do. orden ② compuesto de resistencia, bobina y condensador (RLC). Se estudia la respuesta del filtro a este impulso (Respuesta a un escalón) y se le compara con un modelo. Se estudia la respuesta del filtro a estos pulsos (Respuesta a un escalón) y se la compara con un modelo.

En el segundo ensayo al filtro paso alto se le aplica una señal de entrada de frecuencia variable (Chirp). Tanto esta señal de entrada como la señal de salida medida son sometidas a una transformación de Fourier y ambos espectros de frecuencia son divididos uno con otro. La variación de amplitudes obtenida dependiente de la frecuencia (Característica de amplitudes) es representada y comparada con un modelo.

Las ecuaciones del modelo para 1er. orden (RC) y 2do. orden (RLC) resultan de la conservación de la energía. La potencia suministrada $U(t)\cdot I(t)$ exteriormente debe ser igual a la suma de las potencias del condensador $d(1/2\cdot C\cdot U_C(t)^2)/dt$, de la bobina $d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt$ y de la resistencia $R\cdot I(t)^2$, esto es:

$$U(t)\cdot I(t) = U(t)\cdot Q'(t) = d(1/2\cdot Q(t)^2/C)/dt + d(1/2\cdot L\cdot I(t)^2)/dt + R\cdot I(t)^2 = Q(t)/C\cdot Q'(t) + L\cdot Q'(t)\cdot Q''(t) + R\cdot Q'(t)^2.$$

De aquí que para un filtro paso alto de 1er. orden (L = 0) se obtenga:

$$Q_{RC}'(t) = -Q_{RC}(t)/RC+U(t)/R$$

y para un paso alto de 2. orden (L > 0)

$$Q_{RLC}''(t) = I_{RLC}'(t) = U(t)/L-Q_{RLC}(t)/LC-R\cdot Q_{RLC}'(t)/L$$

Las constantes R, L y C corresponden a la resistencia utilizada, a la bobina y al condensador. Para la tensión de salida del filtro se cumple $U_{RC}(t)=U(t)-R\cdot I(t)$ ó $U_{RLC}(t)=U(t)-R\cdot I(t)-Q_{RLC}(t)/C$ dependiendo del orden.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200

1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74
1	Resistencia STE 20 Ω	577 23
1	Resistencia STE 47 Ω	577 28
1	Resistencia STE 100 Ω	577 32
1	Bobina STE de 500 espiras	590 83
1	Condensador STE de 4,7 µF, 5 %	578 16
2	Pares de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Se recomienda:

1	Altavoz	587 07
1	Base cilíndrica	300 11
1	Núcleo de hierro, laminado, del	593 21
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El filtro paso alto de primer orden o de segundo orden se conecta al Power-CASSY y al Sensor-CASSY según el esquema. Si desea elevar la inductancia L de la bobina utilice un núcleo de hierro laminado. Para un mejor entendimiento de la medición de las características de amplitudes se le recomienda conecte el altavoz de sonidos agudos a la salida del Power-CASSY.

Realización del ensayo

a) Respuesta a un escalón

Cargar ajustes

- Realice el filtro RC (1er. orden) ó filtro RLC (2do. orden).
- Inicie la medición con **F9**.
- Si es necesario repita la medición con otra frecuencia f (desplace el puntero del instrumento indicador) o repítala con el orden cambiado.

b) Característica de amplitudes

Cargar ajustes

- Realizar el filtro RC (1er. orden) o filtro RLC (2do. orden).
- Inicie la medición con **F9**.
- Si es necesario repita la medición con el orden cambiado.

Generación del modelo

Las constantes Resistencia R, Capacidad C e Inductancia L pueden ser cambiadas arrastrando el puntero del instrumento indicador respectivo (o haciendo un clic a la izquierda o a la derecha), de tal forma que el modelo concuerde con la medición. Al mismo tiempo se debe considerar la resistencia de corriente continua de la bobina (aprox. 4 Ω) en la resistencia amortiguadora R.

a) Respuesta a un escalón

Las representaciones **Modelo RC** y **Modelo RLC** (seleccionarla con el ratón) muestran la comparación entre la respuesta del filtro medida y la respuesta del modelo respectivo. El Power-CASSY entrega la frecuencia excitadora continuamente. Y es por ello que en la señal de medición no se ve la respuesta transitoria del filtro. Para que en el modelo tampoco se vea la respuesta transitoria se ha elegido un periodo anterior al cero como momento inicial del cálculo, esto es: t_0=–1/f.

Las otras representaciones **Espectro de frecuencia RC** y **Espectro de frecuencia RLC** permiten comparar la atenuación de la señal de entrada en función de la frecuencia y del orden del filtro. Otra posibilidad de comparación la ofrece la medición directa de la característica de amplitudes.

b) Característica de amplitudes

El Power-CASSY excita al filtro con una frecuencia variable (Chirp). En este Chirp se eleva la frecuencia muy rápidamente desde 0 Hz hasta aprox. 2500 Hz. En la **Característica de amplitudes** se representa la relación de las amplitudes de la señal de salida con respecto a la señal de entrada del filtro. La curva negra es la curva de medición, la curva roja es el resultado del modelo de 1er. orden y la curva azul muestra el modelo de 2do. orden.

En la medición se debe tener en cuenta que la respuesta del filtro no sature al Sensor-CASSY (véase la representación **Estándar**). Si es necesario repita la medición con una amplitud A reducida o con una resistencia R aumentada.

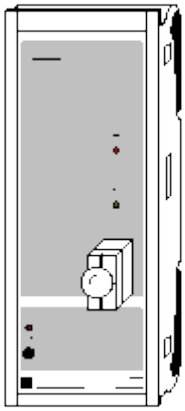
Nota acerca de la medición de la característica de amplitudes

Al cambiar la frecuencia fundamental f del Chirp (en el ejemplo f = 2,5 Hz) cambie simultáneamente el intervalo de medición de tal forma que el periodo de medición T corresponda nuevamente al periodo del Chirp (en el ejemplo T= 400 ms).

Adicionalmente se requiere adaptar el rango de definición de las amplitudes A_B, A_{RC} y A_{RLC}. En el ejemplo las relaciones de amplitudes sólo son definidas cuando la amplitud del FFT en el denominador es por lo menos 1,5 % de la amplitud de entrada A.

El tiempo de cálculo del modelo está limitado a 5 s. Si esto no es suficiente en los ordenadores lentos, entonces el análisis de Fourier subsiguiente será calculado sólo a partir de la solución incompleta. En este caso se recomienda aumentar el tiempo de cálculo máximo del modelo.

Curvas características de una lámpara incandescente



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En una lámpara incandescente el curso de la tensión y la corriente no proporcionales entre si. Su resistencia depende fuertemente de la temperatura. Como una lámpara incandescente se calienta al aplicársele corriente, el encendido y apagado de la corriente recorren diferentes curvas características. Además, las curvas características dependen de la velocidad de crecimiento dU/dt de la tensión.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Juego de 10 lámp. incandescentes; 12 V/3 W	505 08
1	Portalámparas STE E10, arriba	579 06
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La lámpara incandescente puede ser conectada directamente al Power-CASSY.

Realización del ensayo

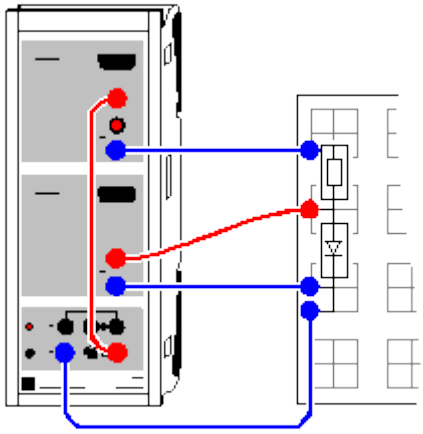
Cargar ajustes

- Realice la medición **F9** (la lámpara incandescente es encendida y apagada).
- Eventualmente cambie la frecuencia de conmutación de la lámpara incandescente en Ajustes U1 y el tiempo de medición en la ventana Parámetros de medición y repita el ensayo.

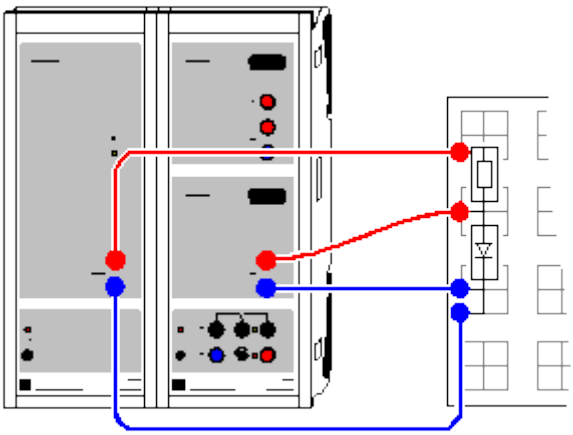
Evaluación

En las curvas características se puede determinar el valor recíproco de la resistencia fría y la resistencia caliente de la lámpara incandescente mediante un ajuste con recta.

Curva característica de un diodo



Alternativa (con Power-CASSY):



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Los diodos semiconductores son los componentes electrónicos más simples. Estos contienen un cristal semiconductor, en el que una zona conductora tipo n colinda con otra zona conductora tipo p. Debido a la recombinación de los portadores de carga, es decir, debido a los electrones de la zona conductora tipo n y a los huecos de la zona p, se forma una capa limítrofe, una zona de juntura de poca conductividad. Esta aumenta cuando se aplica un campo eléctrico que arrastra a los electrones o a los huecos fuera de la juntura. El sentido de este campo eléctrico se denomina sentido de bloqueo. En el sentido inverso al campo eléctrico los electrones o los huecos son arrastrados hacia la juntura y facilitan el paso de la corriente por el diodo.

En el ensayo se registra la curva característica de corriente y tensión de diferentes diodos (Si, Ge y diodos luminosos) y se los compara entre sí.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74
1	Resistencia STE, 100 Ω	577 32
1	Diodo de Si, STE, 1N4007	578 51
1	Diodo de Ge, STE, AA118	578 50
1	Diodo luminoso verde	578 57
1	Diodo luminoso amarillo	578 47
1	Diodo luminoso rojo	578 48
1	Diodo luminoso infrarrojo	578 49

1	Cable, 50 cm, azul	500 422
2	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (con Power-CASSY)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones DIN A4	576 74
1	Resistencia STE, 100 Ω	577 32
1	Diodo de Si, STE, 1N4007	578 51
1	Diodo de Ge, STE, AA118	578 50
1	Diodo luminoso verde	578 57
1	Diodo luminoso amarillo	578 47
1	Diodo luminoso rojo	578 48
1	Diodo luminoso infrarrojo	578 49
2	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El circuito de corriente se conecta a la entrada A (corriente) y B (tensión en el diodo) del Sensor-CASSY según el esquema. El diodo está protegido por una resistencia en serie de 100 Ω.

Si utiliza el Power-CASSY para la alimentación de tensión del circuito y para la medición de corriente éste deberá ser puesto a la izquierda al lado del Sensor-CASSY.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Cambie la polaridad de la fuente de tensión S (para la parte negativa de la curva característica) y ajuste la tensión U_{B1} a unos –3 V.
- Inicie la medición con **F9**.
- Gire la tensión lentamente hasta cero (hacia la izquierda, simultáneamente se registra la parte negativa de la curva característica).
- Conecte la fuente de tensión S otra vez con la polaridad correcta (para la parte positiva de la curva característica).
- Incremente la tensión lentamente (simultáneamente se registra la parte positiva de la curva característica) y observe que no se sobrepase la corriente máxima de los diodos luminosos.
- Detenga la medición nuevamente con **F9**.
- Repita la medición con otro diodo. Para ello vuelva a cambiar la polaridad de la fuente de tensión S e inicie la medición con **F9**.

Alternativa (con Power-CASSY)

- Cargar ajustes
- Para cada diodo registre la curva característica con **F9** (el Power-CASSY controla la tensión automáticamente).

Evaluación

En el caso de tensiones negativas la corriente es cero independiente del valor de la tensión aplicada (sentido de bloqueo). En el caso de tensiones positivas aparece una corriente a partir de una tensión U de conducción (sentido de conducción).

Aquí se puede comparar entre sí las tensiones de conducción U de diferentes diodos. En los diodos luminosos se puede calcular de manera aproximada la longitud de onda λ de la luz emitida mediante

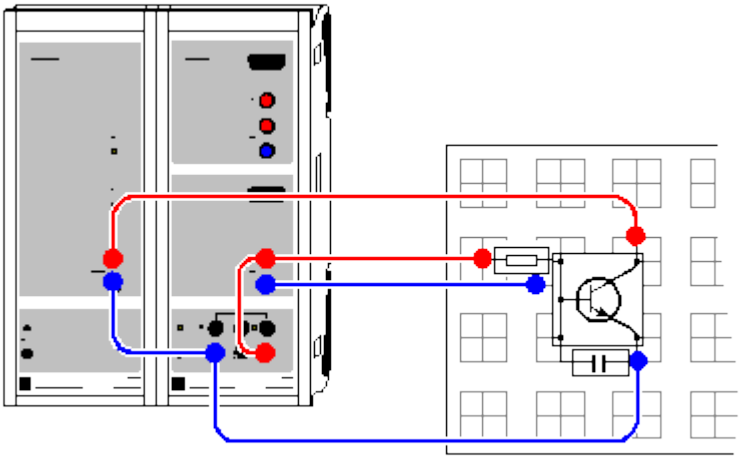
$e \cdot U = h \cdot c/\lambda$

En el ejemplo la tensión en estado de conducción del diodo luminosos rojo es U = 1,4 V. De aquí que $\lambda = hc/eU = 880$ nm.

Nota

En los diodos luminosos no se puede dar un resultado preciso sobre la longitud de onda de la luz emitida, ya que éstos emiten en una banda de frecuencia relativamente ancha, la cual generalmente es filtrada por una cápsula coloreada. Por esta razón la determinación de la longitud de onda anterior debe ser entendida como un estimado grueso.

Curvas características de un transistor



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Los transistores pertenecen a los componentes semiconductores más importantes en la tecnología de los circuitos electrónicos. Los electrodos de un transistor bipolar se denominan emisor, base y colector. Está compuesto de un total de 3 capas tipo n y tipo p en la secuencia npn y pnp.

Se mide las dos curvas características de salida un transistor npn, esto es, se estudia la dependencia de la corriente de colector I_C de la corriente de base I_B (manteniendo la tensión colector-emisor constante) y la dependencia de la corriente de colector I_C de la tensión colector-emisor U_{CE} (para diferentes corrientes de base I_B constantes).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Transistor STE, BD 137	578 67
1	Resistencia STE, 10 kΩ, 0,5 W	577 56
1	Condensador STE, 0,1 µF	578 31
1	Par de cables, 25 cm, rojo y azul	501 44
2	Pares de cables, 50 cm, rojos y azules	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El Power-CASSY pone a disposición la tensión colector-emisor U_{CE} y mide simultáneamente la corriente de colector I_C que está fluyendo. El Sensor-CASSY conectado en cascada (conectarlo directamente a la derecha del Power-CASSY) suministra la corriente de base I_B ajustable y lo mide simultáneamente como una caída de tensión en la resistencia de 10 kΩ. El pequeño condensador de 0,1 µF entre la base y el emisor suprime señales de ruido distorsionador durante la medición.

En el experimento se utiliza corrientes de base de aprox. 1 mA y corrientes de colector de aprox. 100 mA. Por favor solo utilizar transistores apropiados (por ej. BD 137).

Realización del ensayo

a) Curva característica de mando de la corriente de colector I_C en función de la corriente de base I_B

Cargar ajustes

- La tensión colector-emisor es mantenida constante por Power-CASSY en U_{CE} = 2 V se mide continuamente la corriente de colector I_C.
- Ajuste la corriente de base I_B indicada en la fuente de tensión S del Sensor-CASSY a 0 mA.
- Inicie la medición con **F9**.

- Aumente lentamente la corriente de base hasta registrar la curva característica.
- Detenga la medición nuevamente con **F9**.

b) Curva característica corriente de colector I_C en función de la tensión de colector-emisor U_{CE}

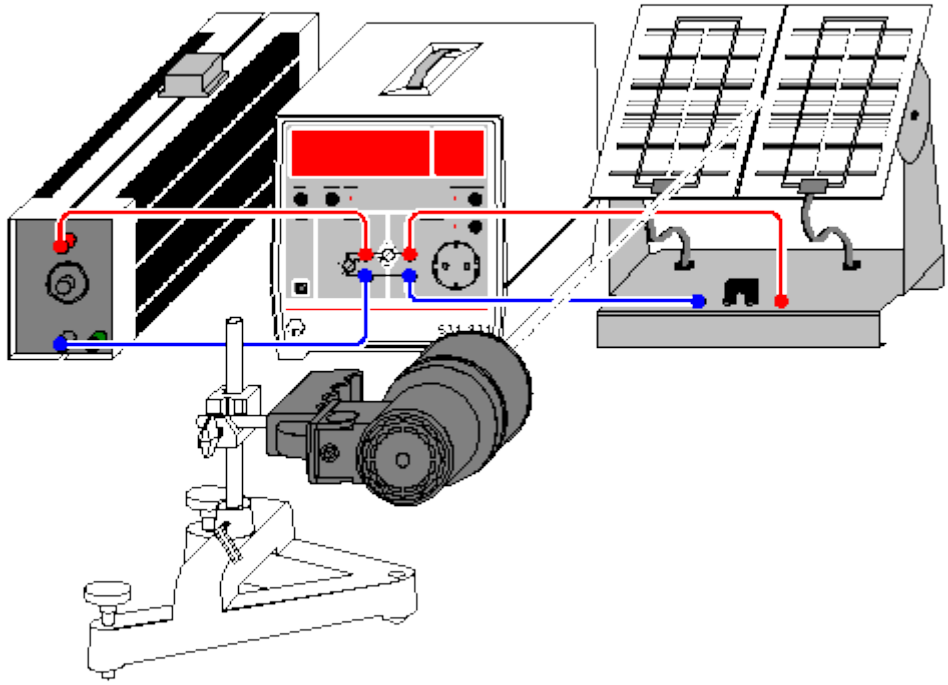
- Cargar ajustes
- La tensión de colector-emisor es recorrida desde el Power-CASSY durante la medición hasta U_{CE} = 2 V y se mide la corriente de colector I_C.
- Ajuste la corriente de base I_B indicada en la fuente de tensión S del Sensor-CASSY a 0,1 mA.
- Inicie la medición con **F9** (la curva característica se registra automáticamente).
- Aumente la corriente de base I_B en pasos de 0,1 mA y registre las otras curvas nuevamente con **F9**.

Evaluación

De la curva característica de mando a) se puede determinar fácilmente la ganancia de corriente mediante un ajuste con recta. En el ejemplo se obtiene un factor de ganancia de corriente I_C/I_B = 149,6.

La curva característica b) también ilustra de manera impresionante la ganancia de corriente del transistor. A partir de una pequeña tensión colector-emisor U_{CE} relativa la corriente de salida I_C permanece casi constante y depende sólo de la corriente de base I_B.

Características de una célula solar



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se registra la potencia P de una célula solar para diferentes intensidades luminosas en función de una resistencia de carga R_1. A partir del recorrido de las curvas se determinan las resistencias de carga óptima $R_{máx}$, en las cuales se alcanza cada vez la potencia máxima de la célula solar.

Para cada intensidad luminosa (ángulos de inclinación α diferente de la célula solar) se mide además la tensión sin carga y la intensidad de corriente en cortocircuito y se calcula las resistencias internas R_0 de la célula solar: $R_0=U_0/I_0$. Las resistencias internas R_0 son comparadas con $R_{máx}$.

Equipo requerido

1	Medidor de potencia y energía	531 831
1	Célula solar	664 431
1	Lámpara de atelier, 1000 W	450 70
1	Reóstato	537 34
1	Cinta métrica de acero	311 77
1	Base de soporte grande	300 01
1	Varilla de soporte, 100 mm	300 40
1	Mordaza Leybold	301 01
2	Pares de cables, 100 cm	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque la lámpara de atelier a una distancia aproximada de 40 cm de la célula solar. Ponga la célula solar primero en posición vertical respecto a la luz incidente y conecte las hembrillas de 4 mm en el panel OUTPUT. Conecte la resistencia de carga a las hembrillas de 4 mm en el panel INPUT.

Nota

La potencia de la célula solar varía también con la temperatura. Para que la temperatura en la medición permanezca constante irradie la célula solar con la fuente luminosa 15 minutos antes de iniciar el registro de los datos.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

a) Registro de las características

- Ajuste el reóstato de tal forma que en el instrumento indicador Resistencia de carga R_1 se visualice una resistencia de 2 Ω.
- Con **F9** ingrese manualmente a la tabla los valores medidos.
- Aumente la resistencia de carga cada vez en 2 Ω y registre otros valores.
- Para variar la intensidad luminosa incline la célula solar en 45° ó 30° respecto a la luz incidente. Repita el ensayo para cada ángulo.
- En cada intensidad luminosa determine la resistencia de carga $R_{máx}$ para la cual se alcanza la potencia máxima de la célula solar.

b) Medición de la tensión sin carga y la corriente de cortocircuito

- Abra los instrumentos indicadores U, I, U_0, I_0 y R_0 haciendo un clic en .
- Conecte la célula solar a las hembrillas de 4 mm rotuladas con U del medidor de potencia y energía.
- Con el ratón arrastre el valor medido visualizado en el instrumento indicador U hacia el instrumento indicador Tensión sin carga U_0 (función drag & drop).
- Conecte la célula solar a las hembrillas rotuladas con I del medidor de potencia y energía.
- Con el ratón arrastre el valor medido visualizado en el instrumento indicador I hacia el instrumento indicador Intensidad de corriente de cortocircuito I_0 (función drag & drop). Lea el valor de la resistencia interna R_0 de la célula solar.

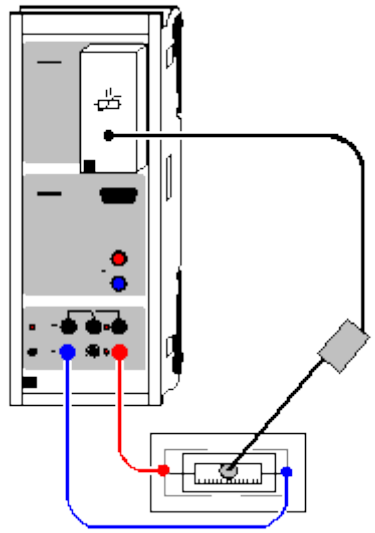
Evaluación

La potencia entregada de una célula solar depende de la resistencia de carga y de la intensidad luminosa.

La potencia máxima de la célula solar es alcanzada cuando la resistencia de carga tiene un valor aproximado al de la resistencia interna de la célula solar.

La potencia máxima de la célula solar se hace mayor conforme aumenta la intensidad luminosa (a temperatura constante).

Control de temperatura



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el ejemplo de un controlador de temperatura se demuestra de manera contundente el funcionamiento de un controlador de dos estados y de un controlador PI. Aquí la inercia del sistema de control de temperatura deja suficiente tiempo para observar con detalle el algoritmo de control.

En el controlador de dos estados se conecta un elemento calentador al pasar por debajo de una temperatura umbral ϑ_1 y al sobrepasar una segunda temperatura umbral ϑ_2 el elemento calentador se desconecta nuevamente.

Alternativamente el control de temperatura puede ser realizado como un control PI. Un controlador PI determina a partir del valor medido x = ϑ_{A1} (Temperatura) y la variable de referencia w (valor teórico de la temperatura) la variable activa w-x.

Junto con la carga básica y_0 en el controlador PI se obtiene la variable de control $y = y_0 + K_P*(w-x) + K_I*\int(w-x)*dt$. El coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I pueden ser optimizados como parámetros del control, tal que después de una perturbación (por ejemplo variación de la variable de referencia w) se ajusta otra vez y rápidamente una variable activa w-x de aproximadamente 0. La carga básica y_0 puede ser puesta constante a 0.

Si uno emplea sólo un controlador P ($K_I = 0$), se ajusta una desviación w-x que se mantiene y que sólo desaparece después de implementar un componente I.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad KTY	524 036
1	Sensor KTY	529 036
1	Segmento de tablero de conexión	576 71
1	Elemento calefactor, 100 Ω, 2 W	579 38
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La fuente de tensión S alimenta al elemento calefactor. La temperatura del elemento calefactor se mide mediante un sensor KTY con la unidad KTY conectada al terminal de conexiones A de CASSY. Para ello se debe añadir un par de gotas de agua al elemento calefactor e introducir al sensor KTY en el agua.

Realización del ensayo

a) Controlador de dos estados

☐ Cargar ajustes

- Gire el potenciómetro de la fuente de tensión S completamente hacia la derecha.
- Reemplace los umbrales de conmutación ϑ_1 y ϑ_2 por valores individuales; para ello desplace la aguja del instrumento indicador con el ratón o en los Ajustes ϑ1 ó ϑ2 (tecla derecha del ratón) cambie el valor del parámetro.
- Si usted desea registre el curso de la temperatura durante el control con **F9** y detenga la medición nuevamente con **F9**.

b) Control PI

☐ Cargar ajustes

- Gire el potenciómetro de la fuente de tensión S totalmente hacia la derecha.
- Coloque la variable de referencia w unos 5 °C sobre la temperatura actual ϑ_{A1}; para ello desplace la aguja del instrumento indicador con el ratón o en los Ajustes w (tecla derecha del ratón) cambie el valor respectivo de la variable de referencia.
- Reemplace le coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I por valores individuales; con tal propósito en los Ajustes KP o KI (tecla derecha del ratón) cambie el valor respectivo del parámetro.
- Inicie el control de temperatura con **F9** y deténgalo nuevamente posteriormente.

Evaluación

Para ilustrar claramente el control de dos estados es posible insertar en el diagrama los dos umbrales de conmutación ϑ_1 y ϑ_2 mediante líneas de marcación horizontal.

La calidad del controlador PI depende decisivamente de la selección del coeficiente de proporcionalidad K_P y del coeficiente de acción integrativa K_I. La línea negra corresponde a la variable de referencia w (valor teórico). La curva roja corresponde a la variable controlada x (valor medido) y debe acercarse rápidamente hacia la curva negra después de una perturbación. La curva azul representa a la variable de control "y" y corresponde por ello a la tensión de calentamiento.

Optimización empírica del controlador de temperatura PI

Un sistema de control de temperatura es muy lento. Por esta razón los efectos de las variaciones de K_P y K_I pueden verse muy posteriormente. La optimización empírica puede tomar algún tiempo:

- Ponga K_I a 0, aumente K_P en pasos razonables (por ej. en 1), hasta que el circuito de control oscile.
- Disminuya nuevamente K_P hasta que las oscilaciones se extingan. Al mismo tiempo surge una variable activa que se mantiene.
- Eleve K_I en pasos razonables (por ej. en K_P/200) hasta que las oscilaciones nuevamente aparezcan.
- Disminuya nuevamente K_I hasta que las oscilaciones se extingan. El controlador se hace más lento cuanto más pequeño sea K_I.

En el ejemplo se utilizó K_P=5 y K_I=0,05 /s.

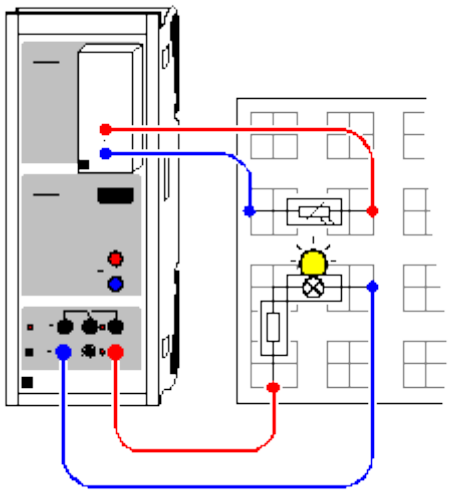
Variación automática de la variable de referencia

La variable de referencia w (valor teórico) no sólo se puede variar manualmente, sino también automáticamente. Para ello introduzca por ejemplo en Ajustes w la fórmula **30+sin(360*t/1000)**. Con esto se controla el curso sinusoidal de la temperatura entre 29 °C y 31 °C con un periodo de 1000 s.

Utilización de la unidad Temperatura (524 045)

Alternativamente a la unidad KTY también se puede implementar la unidad Temperatura (524 045) con una sonda de NiCr-Ni o NTC. Para ello primeramente en Ajustes ϑA1 borre la temperatura, luego en Ajustes CASSY (**F5**) haga un clic sobre la entrada A de la unidad Temperatura y seleccione **valores promedios** y **Cero a la izquierda**. Solo queda cambiar en Ajustes w del rango de medición a 0 °C hasta 120 °C y en Ajustes w-x la fórmula a **(w-&JA11)/50**.

Control de iluminación



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Aquí se realiza el control de iluminación de una lámpara incandescente cuando la resistencia conectada en serie está cambiando. Se trabaja con un controlador PI. Un controlador PI determina a partir del valor medido $x = R_{A1}$ (resistencia de un LDR) y de la variable de referencia w (valor teórico de la resistencia del LDR) la variable activa w-x.

Junto con la carga básica y_0 en el controlador PI se obtiene la variable de control $y = y_0 + K_P*(w-x) + K_I*\int(w-x)*dt$. El coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I pueden ser optimizados como parámetros del control, tal que después de una perturbación (por ejemplo una resistencia en serie adicional, variación de la variable de referencia w o de la carga básica y_0) en lo posible se ajusta otra vez y rápidamente una variable activa w-x de aproximadamente 0.

Si uno emplea sólo un controlador P ($K_I = 0$), se ajusta una desviación w-x que permanece y que sólo desaparece después de implementar un componente I.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
1	Portalámparas E10, lateral	579 05
1	Juego de 10 lámparas incandescente 3,8 V/0,07 A	505 10
1	Interruptor basculante, unipolar	579 13
1	Fotorresistencia LDR05	578 02
1	Resistencia STE de 10 Ω, 2 W	577 20
1	Resistencia STE de 20 Ω, 2 W	577 23
1	Resistencia STE de 47 Ω, 2 W	577 28
1	Resistencia STE de 100 Ω, 2 W	577 32
2	Pares de cables, 100 cm, rojos y azules	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La fuente de tensión S alimenta la lámpara incandescente a través de una resistencia de protección de 100 Ω. La luminosidad de la lámpara incandescente se mide a través de una resistencia fotosensible (LDR) junto con la unidad Fuente de corriente conectada a la entrada A de CASSY.

Como perturbación se puede conectar otras resistencias en serie junto a un interruptor basculante. El interruptor basculante cerrado cierra el cortocircuito de la resistencia en serie y en posición de abierto integra la resistencia en serie a todo el circuito.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Gire el potenciómetro de la fuente de tensión S completamente hacia la derecha.
- La lámpara incandescente debe iluminar ya, debido a que una carga básica y_0 de 0,5 ha sido prevista. Esto significa que la salida PWM S suministra un ciclo de trabajo del 50 %.
- Varíe la carga básica y_0 como usted desee; para ello en Ajustes y0 (tecla derecha del ratón sobre y_0) coloque el valor del parámetro.
- Ingrese el valor de la resistencia medida como variable de referencia w; para ello desplace la aguja del instrumento indicador con el ratón o en los Ajustes w (tecla derecha del ratón) cambie el valor del parámetro respectivo.
- Inicie el control con **F9** y posteriormente deténgalo nuevamente con **F9**.
- Durante el control se puede aplicar una perturbación, por ej. conectar adicionalmente una resistencia en serie, o cambiar la variable de referencia o la carga básica.
- Para optimizar el control se puede variar el coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I; para ello ponga los valores respectivos en los Ajustes KP o KI (tecla derecha del ratón).

Evaluación

En las curvas registradas se puede ver claramente la calidad del controlador. La línea negra corresponde a la variable de referencia w (valor teórico). La línea roja corresponde a la variable controlada x (valor medido) y debe acercarse rápidamente hacia la curva negra después de una perturbación. La curva azul representa la variable de control "y" y corresponde por ello a la tensión de la lámpara.

Optimización empírica del controlador de iluminación PI

Los valores para K_P y K_I deben ser seleccionados como negativos, ya que el valor medido de la resistencia de la unidad sensora será menor, cuanto mayor sea la tensión en la fuente de tensión S.

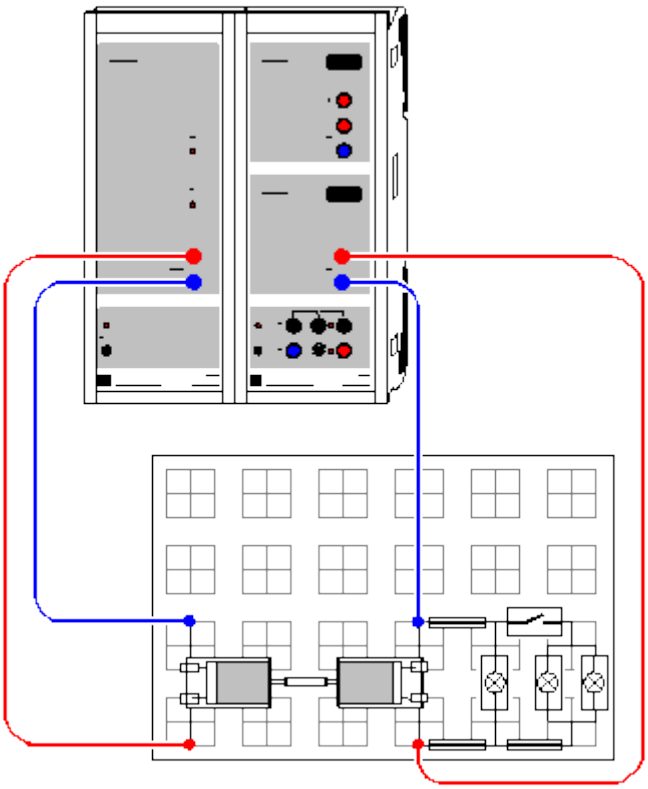
- Ponga K_I a 0 y eleve K_P en pasos razonables (por ej. en -0,1) hasta que el lazo de control oscile.
- Disminuya K_P nuevamente hasta que las oscilaciones se extingan. Al mismo tiempo surge una variable activa que se mantiene.
- Eleve K_I en pasos razonables (por ej. en $10*K_P$) hasta que las oscilaciones nuevamente aparezcan.
- Disminuya nuevamente K_I hasta que las oscilaciones se extingan. El controlador se hace más lento cuanto más pequeño sea K_I.

En el ejemplo se utilizó K_P=-0,5 y K_I=-5 /s.

Variación automática de la variable de referencia

La variable de referencia w (valor teórico) no sólo se puede variar manualmente, sino también automáticamente. Para ello introduzca por ejemplo en Ajustes w la fórmula **1+0,5*sin(360*t/20)**. Con esto se controla el curso sinusoidal de la resistencia del LDR entre 0,5 kΩ y 1,5 kΩ con un periodo de 20 s.

Control de tensión



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Aquí se realiza el control de tensión de un generador cuando se está variando la carga. Se trabaja con un controlador PI. Un controlador PI determina a partir del valor medido $x = U_{B2}$ (tensión del generador) y de la variable de referencia w (valor teórico del generador) la variable activa w-x.

Junto con la carga básica y_0 en el controlador PI se obtiene la variable de control $y = y_0 + K_P*(w-x) + K_I*\int(w-x)*dt$. El coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I pueden ser optimizados como parámetros del control, tal que después de una perturbación (por ejemplo una carga adicional, variación de la variable de referencia w o de la carga básica y_0) en lo posible se ajusta otra vez y rápidamente una variable activa w-x de aproximadamente 0 V.

Si solo se emplea un controlador P ($K_I = 0$) se ajusta una desviación w-x que permanece y que sólo desaparece después de implementar un componente I.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab	524 200
1	Tablero de conexiones, DIN A4	576 74
2	Motores de c.c. y generadores tacométricos	579 43
1	Interruptor basculante, unipolar	579 13
3	Portalámparas E 10, arriba	579 06
1	Juego de 10 lámparas incandescentes de 3,8 V/0,07 A	505 10
1	Tubo de plástico de 6 mm	307 641
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
2	Pares de cables, 100 cm, rojos y azules	501 46

1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El Power-CASSY alimenta al motor (a la izquierda) que acciona al generador (a la derecha) a través de una pieza de tubo de plástico de aproximadamente 25 mm de largo. La tensión del generador se mide a la entrada B del Sensor-CASSY. Aquí se tiene que tener en cuenta que o bien el motor o el generador deben ser conectados con la polaridad opuesta, ya que el motor y el generador están acoplados en sentido contrario.

Para variar la carga del generador se utilizan tres lámparas incandescentes, de las cuales dos de ellas pueden ser conectadas adicionalmente con un interruptor basculante.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- El motor ya se encuentra girando, debido a que una carga básica y_0 de 6 V ha sido prevista.
- Varíe la carga básica y_0 como usted desee; para ello en Ajustes y0 (tecla derecha del ratón sobre y_0) coloque el valor del parámetro.
- Verifique la tensión medida U_{B2}; esta debe ser positiva (en caso dado invierta la polaridad).
- Como variable de referencia w ingrese la tensión medida; para ello desplace la aguja del instrumento indicador con el ratón o en Ajustes w (tecla derecha del ratón) coloque el valor del parámetro respectivo.
- Inicie el control con **F9** y posteriormente deténgalo nuevamente con **F9**.
- Durante el control se puede aplicar una perturbación, por ej. variar la carga del generador, o cambiar la variable de referencia o la carga básica.
- Para optimizar el control se puede variar el coeficiente de acción proporcional K_P y el coeficiente de acción integrativa K_I; para ello ponga los valores respectivos en los Ajustes KP o KI (tecla derecha del ratón).

Evaluación

En las curvas registradas se puede ver claramente la calidad del controlador. La línea negra corresponde a la variable de referencia w (valor teórico). La línea roja corresponde a la variable controlada x (valor medido) y debe acercarse rápidamente hacia la curva negra después de una perturbación. La curva azul representa la variable de control "y" y corresponde por ello a la tensión del motor.

Optimización empírica del controlador de tensión PI

- Ponga K_I a 0 y eleve K_P en pasos razonables (por ej. en 0,1) hasta que el lazo de control oscile.
- Disminuya K_P nuevamente hasta que las oscilaciones se extingan. Al mismo tiempo surge una variable activa que se mantiene.
- Eleve K_I en pasos razonables (por ej. en $10*K_P$) hasta que las oscilaciones nuevamente aparezcan.
- Disminuya nuevamente K_I hasta que las oscilaciones se extingan. El controlador se hace más lento cuanto más pequeño sea K_I.

En el ejemplo se utilizó K_P=0,5 y K_I=4 /s.

Variación automática de la variable de referencia

La variable de referencia w (valor teórico) no sólo se puede variar manualmente, sino también automáticamente. Para ello introduzca por ejemplo en Ajustes w la fórmula **4+sin(360*t/20)**. Con esto se controla el curso sinusoidal de la tensión entre 3 V y 5 V con un periodo de 20 s.

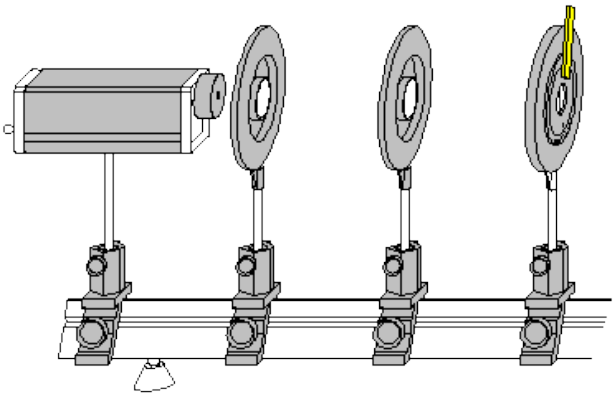
Otros sistemas controlados

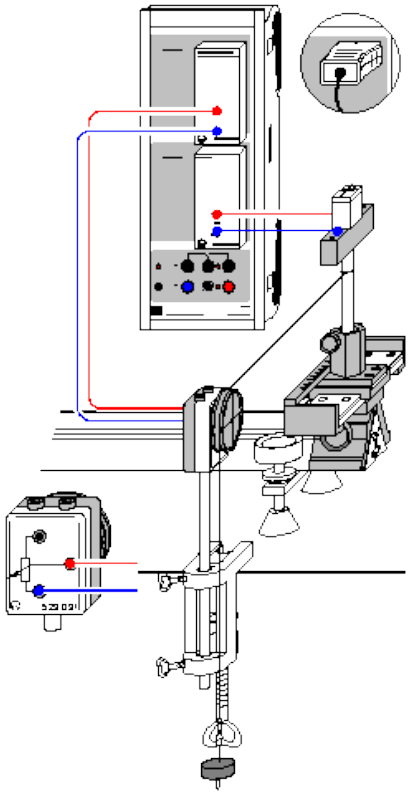
Este ejemplo puede ser adaptado a otros sistemas controlados. Siempre que la variable a controlar sea una tensión, es suficiente la adaptación del rango de control y el rango de medición, así como el parámetro de control K_P y K_I.

Si la variable a controlar es suministrada por una unidad sensora, se debe borrar el canal U_{B2} seleccionando **Borrar** en los Ajustes UB2, para que la unidad sensora conectada a la entrada B del Sensor-CASSY sea reconocida. En los Ajustes CASSY (**F5**) se puede activar la unidad sensora con el

ratón y seleccionar nuevamente **valores promedios**. La unidad y símbolo de la variable de referencia w y la variable activa w-x deben ser igualmente adaptados, cómo la fórmula de cálculo de la variable activa (por ej. **w-RB2** en lugar de **w-UB2**). Los ajustes pueden ser cambiados como se hace usualmente después de hacer un clic sobre el canal w o w-x con la tecla derecha del ratón.

Difracción en ranura simple





Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Precaución al experimentar con el láser He-Ne

El láser He-Ne satisface los "requerimientos técnicos de seguridad para el láser como medio de aprendizaje y enseñanza; DIN 58126 parte 6" para láser de la clase 2. La experimentación con el láser He-Ne no es peligrosa siempre que se observen las indicaciones correspondientes en las instrucciones de empleo.

No mirar al rayo láser, ya sea directamente o reflejado.

Evitar la trasgresión del límite de deslumbramiento (es decir, ningún observador debe sentirse deslumbrado).

Descripción del ensayo

Los fenómenos de difracción se presentan fundamentalmente cuando la libre propagación de la luz resulta modificada por obstáculos, tales como por ej. diafragmas o ranuras. La divergencia observada entonces con respecto a la propagación de la luz en línea recta se conoce como difracción.

Se mide la tensión de una fotocélula en dependencia del ángulo de difracción. Se observa que conforme menor es el ancho de la ranura, la distribución de la intensidad del diagrama de difracción se desplaza tanto más al interior del cono de sombra geométrico. Los valores de medición registrados se comparan con la ecuación modelo para la intensidad de la difracción $U \propto (\sin(\pi b/\lambda \cdot \alpha)/(\pi b/\lambda \cdot \alpha))^2$, en la cual el ancho de la ranura b y la longitud de onda λ entran como parámetros. Para ángulos de refracción pequeños α es posible determinar α sencillamente a partir de la distancia L entre objeto de difracción y fotocélula, así como del trayecto de desplazamiento s de la fotocélula hacia $\alpha \approx \tan \alpha = s/L$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	µV-Box	524 040
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
	con Transductor de desplazamiento y	529 031
	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
	o	
1	Sensor de giro S	524 082
1	Láser He-Ne, lineal polarizado	471 840
1	Banco óptico, perfil normal 2 m	460 33
4	Pestaña óptica, Alto=90 mm/Ancho=60 mm	460 374
1	Pestaña de desplazamiento	460 383
1	Lente f = +5 mm	460 01
1	Lente f = +50 mm	460 02
1	Ranura ajustable	460 14
1	Soporte para elemento insertable	460 21
1	Fotocélula STE	578 62
1	Fijación de mesa, simple	301 07
1	Sedal de pescar, 10 m	309 48
1	Juego de 12 pesas, de 50 g cada una	342 61
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Indicación: Llevar a cabo en ajuste en un recinto ligeramente oscurecido.

- Fijar el láser He-Ne conforme al esquema al banco óptico por medio de una pestaña óptica.
- Colocar la fotocélula a aprox. 1,90 m del láser con ayuda de la pestaña de desplazamiento y del soporte para el elemento insertable. La fotocélula tiene que estar en el centro de la pestaña de desplazamiento. Tapar la fotocélula con dos tiras de papel oscuro de tal manera que se forme una ranura de entrada con una anchura de aprox. 1 mm.
- Dirigir el láser a la fotocélula y conectarlo.
- Ajustar la altura del láser de tal manera que el rayo del mismo dé en el centro de la fotocélula.
- Colocar la lente esférica distancia focal f = +5 mm aprox. a 1 cm de distancia del láser. El rayo láser tiene que iluminar bien la fotocélula.
- Posicionar la lente focal f = +50 mm a aprox. 55 mm de distancia de la lente esférica y desplazar sobre el banco óptico en dirección a la lente esférica hasta que el rayo láser aparezca nítidamente sobre la fotocélula.
- Desplazar la lente focal todavía un poco en dirección de la lente esférica hasta que el diámetro del rayo láser en la fotocélula se amplíe a unos 6 mm. El rayo láser tiene que presentar entonces un perfil redondo de diámetro constante a todo lo largo del eje óptico.
- Colocar la ranura ajustable sobre el banco óptico y desplazarla así hasta que la distancia L entre la fotocélula y la ranura sea de 1,50 m.
- Fijar a la mesa la fijación de mesa con transductor de desplazamiento en conformidad con el esquema.
- La medición de la carrera de desplazamiento s_{A1} vertical con respecto al eje óptico se lleva a cabo por medio del transductor de desplazamiento en la caja de fuentes de energía en la entrada A del Sensor-CASSY.
- La fotocélula se conecta en la entrada B des Sensor-CASSY a través de la caja µV para la medición de la tensión.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Colocar la fotocélula en la posición opuesta a la del transductor de desplazamiento -6,0 cm.

- Girar al tope la rueda del transductor de desplazamiento de manera que la indicación del trayecto s_{A1} quede más o menos en -6,0 cm. Si al hacerlo resultara que la medición del desplazamiento va a dar como resultado un valor con el signo erróneo, entonces hay que montar la conexión de la caja de fuentes de corriente en el otro brazo del transductor de desplazamiento.
- Atar el sedal de pesca al soporte para los elementos insertables, enrollar una vez en torno a la rueda del transductor de desplazamiento y colgar una pieza de masa.
- Calibrar el punto cero de desplazamiento - para ello hay que colocar la fotocélula en el centro de la pestaña de desplazamiento (= punto cero de la escala o bien posición de los máximos principales de intensidad).
- En los Ajustes sA1 **Corregir** entrar el **valor teórico** 0 cm y seguidamente seleccionar **Corregir offset**.
- Mover la fotocélula de nuevo a la posición opuesta con respecto al transductor de desplazamiento y mantenerlo fijo allí.
- Si fuera necesario **corregir** la luminosidad de trasfondo en los Ajustes UB1. Para ello hay que entrar el **valor teórico** 0 mV y seleccionar seguidamente **Corregir offset**.
- Iniciar la medición con **F9** (aparece el aviso **Falta señal del trigger**).
- Desplazar muy lentamente la fotocélula en dirección del transductor de desplazamiento. La lectura de los valores de medición comienza en cuanto se sobrepase el punto de inicio a -5,5 cm.
- Detener la medición con **F9**.

Evaluación

Ya durante la medición aparece la distribución de intensidad del diagrama de difracción. La distribución de la intensidad medida puede compararse con el resultado de la ecuación modelo realizada para ángulos de difracción pequeños $\alpha \approx \tan \alpha = s_{A1}/L$ sólo mediante una adaptación libre (**Alt+F**). Para ello hay que emplear la fórmula siguiente:

A*(sin(180*B/0.633*(x-C)/150)/(180*B/0.633*(x-C)/150))^2

siendo

x: Desplazamiento s_{A1} vertical respecto al eje óptico
A: Intensidad I_0
B: Ancho de la ranura b en μm
C: Corrección de la posición de los máximos principales
L: Distancia entre diafragma y fotocélula (aquí: L = 150 cm)
λ: Longitud de onda del láser He-Ne (aquí: λ = 0,633 μm)

En esta adaptación de ha dado por sabida la longitud de onda λ = 0,633 μm del láser He-Ne y se ha determinado la anchura de la ranura b. A la inversa es también posible determinar la longitud de onda λ del láser conociendo el ancho de ranura b. Para ello, por ejemplo, es posible modificar la fórmula del siguiente modo:

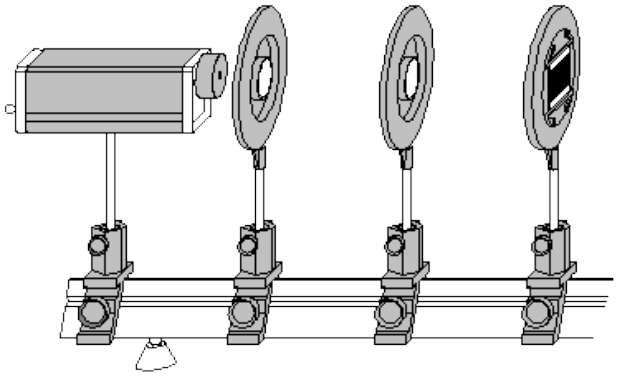
A*(sin(180*240/B*(x-C)/150)/(180*240/B*(x-C)/150))^2

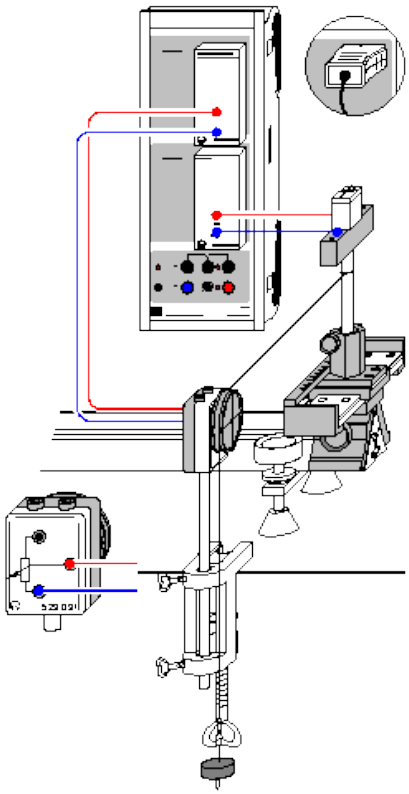
Para la adaptación libre hay que emplear un valor inicial conveniente para la anchura de la ranura, por ej. B=240 (μm) para b=0,24 mm.

Indicación

Con este ensayo para la difracción de la luz en ranura simple la distribución de la intensidad se registra manualmente. Un registro automático de los valores de medición de la distribución de la intensidad puede obtenerse con VideoCom (ensayo P5.3.1.6).

Difracción en ranuras múltiples





Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Precaución al experimentar con el láser He-Ne

El láser He-Ne satisface los "requerimientos técnicos de seguridad para el láser como medio de aprendizaje y enseñanza; DIN 58126 parte 6" para láser de la clase 2. La experimentación con el láser He-Ne no es peligrosa siempre que se observen las indicaciones correspondientes en las instrucciones de empleo.

No mirar al rayo láser, ya sea directamente o reflejado.

Evitar la trasgresión del límite de deslumbramiento (es decir, ningún observador debe sentirse deslumbrado).

Descripción del ensayo

Los fenómenos de difracción se presentan fundamentalmente cuando la libre propagación de la luz resulta modificada por obstáculos, tales como por ej. diafragmas o ranuras. La divergencia observada entonces con respecto a la propagación de la luz en línea recta se conoce como difracción.

Se mide la tensión de una fotocélula en dependencia del ángulo de difracción. Se observa que conforme menor es el ancho de la ranura, la distribución de la intensidad del diagrama de difracción se desplaza tanto más al interior del cono de sombra geométrico. Los valores de medición registrados se comparan con la ecuación modelo para la intensidad de la difracción $U \propto (\sin(\pi b/\lambda\cdot\alpha)/(\pi b/\lambda\cdot\alpha))^2 * (\sin(N\pi d/\lambda\cdot\alpha)/\sin(\pi d/\lambda\cdot\alpha))^2$, en la cual entran como parámetros el ancho de ranura b, la distancia de ranura d, el número de las ranuras N y la longitud de onda λ. Para ángulos de refracción pequeños α es posible determinar α sencillamente a partir de la distancia L entre objeto de difracción y fotocélula, así como del trayecto de desplazamiento s de la fotocélula hacia $\alpha \approx \tan \alpha = s/L$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	µV-Box	524 040
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
	con Transductor de desplazamiento y	529 031
	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
	o	
1	Sensor de giro S	524 082
1	Láser He-Ne, lineal polarizado	471 840
1	Banco óptico, perfil normal 2 m	460 33
4	Pestaña óptica, Alto=90 mm/Ancho=60 mm	460 374
1	Pestaña de desplazamiento	460 383
1	Lente f = +5 mm	460 01
1	Lente f = +50 mm	460 02
1	Diafragma con 3 ranuras dobles	469 84
1	Diafragma con 4 ranuras dobles	469 85
1	Diafragma con 5 ranuras múltiples	469 86
1	Soporte con fijaciones elásticas	460 22
1	Fotocélula STE	578 62
1	Soporte para elemento insertable	460 21
1	Fijación de mesa, simple	301 07
1	Sedal de pescar, 10 m	309 48
1	Juego de 12 pesas, de 50 g cada una	342 61
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Indicación: Llevar a cabo en ajuste en un recinto ligeramente oscurecido.

- Fijar el láser He-Ne conforme al esquema al banco óptico por medio de una pestaña óptica.
- Colocar la fotocélula a aprox. 1,90 m del láser con ayuda de la pestaña de desplazamiento y del soporte para el elemento insertable. La fotocélula tiene que estar en el centro de la pestaña de desplazamiento. Tapar la fotocélula con dos tiras de papel oscuro de tal manera que se forme una ranura de entrada con una anchura de aprox. 1 mm.
- Dirigir el láser a la fotocélula y conectarlo.
- Ajustar la altura del láser de tal manera que el rayo del mismo dé en el centro de la fotocélula.
- Colocar la lente esférica distancia focal f = +5 mm aprox. a 1 cm de distancia del láser. El rayo láser tiene que iluminar bien la fotocélula.
- Posicionar la lente focal f = +50 mm a aprox. 55 mm de distancia de la lente esférica y desplazar sobre el banco óptico en dirección a la lente esférica hasta que el rayo láser aparezca nítidamente sobre la fotocélula.
- Desplazar la lente focal todavía un poco en dirección de la lente esférica hasta que el diámetro del rayo láser en la fotocélula se amplíe a unos 6 mm. El rayo láser tiene que presentar entonces un perfil redondo de diámetro constante a todo lo largo del eje óptico.
- Colocar el soporte con fijaciones elásticas con el diafragma sobre el banco óptico y desplazarlo así hasta que la distancia L entre la fotocélula y la ranura sea de 1,50 m.
- Fijar a la mesa la fijación de mesa con transductor de desplazamiento en conformidad con el esquema.
- La medición de la carrera de desplazamiento s_{A1} vertical con respecto al eje óptico se lleva a cabo por medio del transductor de desplazamiento en la caja de fuentes de energía en la entrada A del Sensor-CASSYs.
- La fotocélula se conecta en la entrada B des Sensor-CASSY a través de la caja µV para la medición de la tensión.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Colocar la fotocélula en la posición opuesta a la del transductor de desplazamiento -6,0 cm.
- Girar al tope la rueda del transductor de desplazamiento de manera que la indicación del trayecto s_{A1} quede más o menos en -6,0 cm. Si al hacerlo resultara que la medición del desplazamiento va a dar como resultado un valor con el signo erróneo, entonces hay que montar la conexión de la caja de fuentes de corriente en el otro brazo del transductor de desplazamiento.
- Atar el sedal de pesca al soporte para los elementos insertables, enrollar una vez en torno a la rueda del transductor de desplazamiento y colgar una pieza de masa.
- Calibrar el punto cero de desplazamiento - para ello hay que colocar la fotocélula en el centro de la pestaña de desplazamiento (= punto cero de la escala o bien posición de los máximos principales de intensidad).
- En los Ajustes sA1 **Corregir** entrar el **valor teórico** 0 cm y seguidamente seleccionar **Corregir offset**.
- Mover la fotocélula de nuevo a la posición opuesta con respecto al transductor de desplazamiento y mantenerlo fijo allí.
- Si fuera necesario **corregir** la luminosidad de trasfondo en los Ajustes UB1. Para ello hay que entrar el **valor teórico** 0 mV y seleccionar seguidamente **Corregir offset**.
- Iniciar la medición con **F9** (aparece el aviso **Falta señal del trigger**).
- Desplazar muy lentamente la fotocélula en dirección del transductor de desplazamiento. La lectura de los valores de medición comienza en cuanto se sobrepase el punto de inicio a -5,5 cm.
- Detener la medición con **F9**.

Evaluación

Ya durante la medición aparece la distribución de intensidad del diagrama de difracción. La distribución de la intensidad medida puede compararse con el resultado de la ecuación modelo realizada para ángulos de difracción pequeños $\alpha \approx \tan \alpha = s_{A1}/L$ sólo mediante una adaptación libre (**Alt+F**). Para ello hay que emplear la fórmula siguiente:

```
A*(sin(180*B/0.633*(x-C)/150)/(180*B/0.633*(x-C)/150))^2 *
 (sin(2*180*D/0.633*(x-C)/150)/sin(180*D/0.633*(x-C)/150))^2
```

siendo

x: Desplazamiento s_{A1} vertical respecto al eje óptico
A: Intensidad I_0
B: Ancho de la ranura b en μm
C: Corrección de la posición de los máximos principales
D: Distancia de ranura d en μm
N: Número de ranuras (aquí ranura doble: N = 2)
L: Distancia entre diafragma y fotocélula (aquí: L = 150 cm)
λ: Longitud de onda del láser He-Ne (aquí: λ = 0,633 μm)

En esta adaptación de ha dado por sabida la longitud de onda λ = 0,633 μm del láser He-Ne y se han determinado la anchura de la ranura b y la distancia de ranura d. A la inversa es también posible determinar la longitud de onda λ del láser conociendo el ancho de ranura b y la distancia de ranura d.

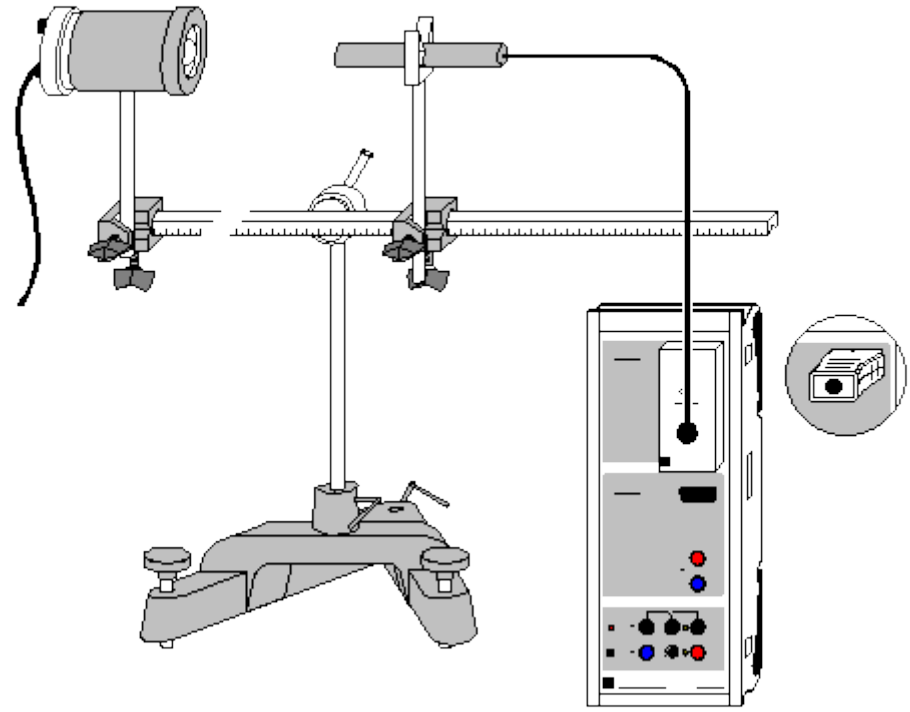
Para la adaptación libre hay que emplear valores iniciales convenientes para la anchura y la distancia de ranura, por ej. B=200 (μm) para b=0,2 mm y D=250 (μm) para d=0,25 mm.

Si los máximos secundarios con N > 2 no se presentan de forma clara, entonces la adaptación libre no puede determinar la distancia de ranura d. En tal caso hay que indicar la distancia correcta de ranura d como valor inicial en μm y mantenerlo constante (por ej. 250 para 0,25 mm).

Indicación

Con este ensayo para la difracción de la luz en ranuras múltiples la distribución de la intensidad se registra manualmente. Un registro automático de los valores de medición de la distribución de la intensidad puede obtenerse con VideoCom (ensayo P5.3.1.7).

Ley cuadrática de la distancia para la luz



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se mide la intensidad luminosa E en función de la distancia d entre un filamento incandescente y un sensor Lux. Aquí se concluye que E es proporcional a $1/d^2$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Lux o Adaptador Lux S	524 051(1)
1	Sensor Lux	666 243
1	Lámpara, 6 V, 30 W	450 51
1	Carcasa de lámpara	450 60
1	Fuente de tensión, 6 V, 30 W, por ej.	521 210
1	Banco óptico pequeño	460 43
2	Mordazas múltiples Leybold	301 01
1	Clavija de conexión y fijación	590 02
1	Varilla de soporte taladrada	590 13
1	Base de soporte pequeña	300 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Sobre un banco óptico se monta la carcasa de lámpara con la lámpara y el sensor Lux. Este último se sujeta a la varilla de soporte taladrada mediante la clavija de conexión y fijación. La pieza insertada desplazable de la carcasa de lámpara debe ser introducida completamente.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

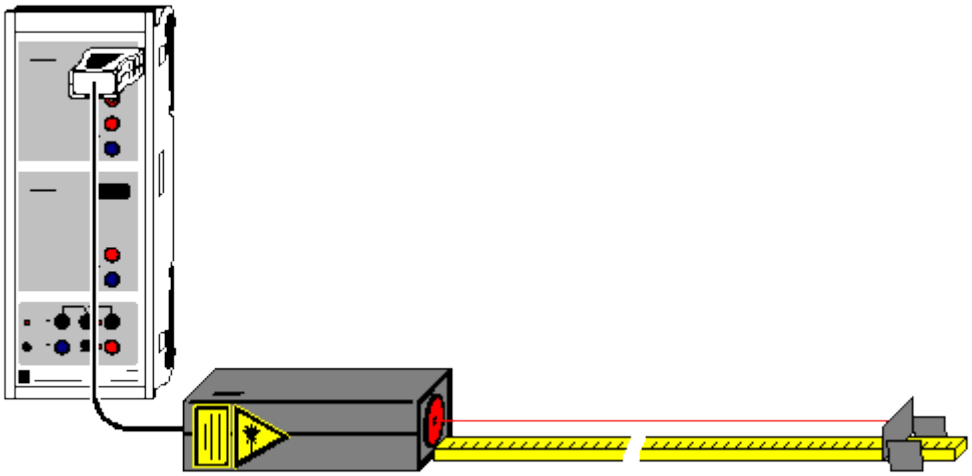
- Introduzca el factor de corrección F del sensor Lux especial (allí se encuentra impreso) – para ello seleccione Ajustes EA1 y **Corregir**, escriba el factor y pulse **Corregir factor**.

- Corrija la luminosidad de fondo – para ello seleccione en Ajustes EA1 **Corregir**, y luego **corrija el offset**.
- Encienda la lámpara y ajuste la distancia entre filamento incandescente y sensor Lux a 10 cm.
- Introduzca la distancia en la tabla – para ello haga un clic sobre la primera celda de la tabla de la columna d y escriba el valor.
- Acepte el valor de la intensidad luminosa en la tabla con **F9**.
- Aumente la distancia a pasos, escríbalos en la tabla y cada vez acepte también los nuevos valores de la intensidad luminosa con **F9**.

Evaluación

Los valores medidos son representados en el diagrama incluso durante la medición. Para verificar la ley cuadrática de la distancia se puede realizar un ajuste con hipérbola $1/x^2$ o alternativamente convertir el eje X en $1/x^2$ (haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre el eje) y hacer un ajuste con una recta.

Velocidad de la luz en el aire



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Los medidores de distancia (distanciómetros) modernos utilizan en sus mediciones un haz de luz láser modulado periódicamente. Estos determinan la fase entre el rayo láser emitido y el rayo reflejado modulado y obtienen, con la frecuencia de modulación conocida, el tiempo transcurrido t de la luz para el camino recorrido hasta el reflector y de retorno. Los distanciómetros calculan después la distancia tomando la velocidad de la luz como parámetro conocido.

En este ensayo se utiliza el sensor de movimiento Láser S (Láser S) como medidor del tiempo transcurrido, porque puede entregar directamente el tiempo transcurrido t. Se verifica la proporcionalidad entre distancia recorrida y el tiempo transcurrido de la luz y luego se calcula la velocidad de la luz.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento Láser S	524 073
1	Tope	de 337 116
1	Regla de madera	311 03
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Ponga el láser S con el lado ancho hacia abajo, horizontal sobre la mesa y conéctelo con la entrada A del CASSY. Pegue el tope con un pedazo de lámina reflectora que pertenece al láser S y a una distancia de 30 cm delante del láser sobre la regla de tal manera que el punto láser incida centralmente y en ángulo recto sobre la lámina.

Antes de la medición deje calentar el láser S unos 5 minutos para que el desplazamiento del cero sea lo más pequeño posible.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

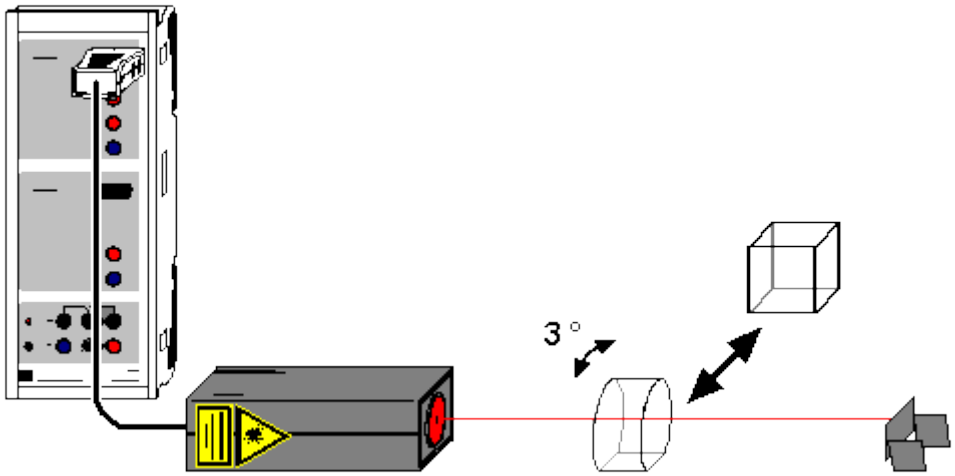
- Defina el cero del tiempo transcurrido (**—> 0 <—** en Ajustes ΔtA1).

- Ingrese la distancia d=0 en la primera columna de la tabla (haga un clic con el ratón en la 1ra. celda de la tabla).
- Registre el primer punto de medición con **F9** (d=0, Δt=0).
- Desplace el tope 10 cm del láser hacia afuera e ingrese 0,1 m como distancia en la primera columna de la tabla (haga un clic con el ratón sobre la 2da. celda de la tabla).
- Registre con **F9** el segundo punto de medición (d=0,1 m, Δt).
- Repita la medición para mayores distancias hasta unos 50 cm.

Evaluación

El recorrido óptico s del haz láser corresponde a la distancia doble d. Esta ya ha sido considerada en la representación **Velocidad de la luz** en el diagrama s(t). El diagrama s(t) verifica la proporcionalidad entre s y t, esto es: $s = c \cdot t$. El ajuste de una línea recta que pasa por el origen da una constante de proporcionalidad c = 0,3 m/ns = 300.000 km/s.

Velocidad de la luz en diferentes materiales



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Tenga en cuenta las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio del sensor de movimiento láser S.

Descripción del ensayo

Los medidores de distancia (distanciómetros) modernos utilizan en sus mediciones un haz de luz láser modulado periódicamente. Estos determinan la fase entre el rayo láser emitido y el rayo reflejado modulado y obtienen, con la frecuencia de modulación conocida, el tiempo transcurrido t de la luz para el camino recorrido hasta el reflector y de retorno. Los distanciómetros calculan después la distancia tomando la velocidad de la luz como parámetro conocido.

En este ensayo se utiliza el sensor de movimiento Láser S (Láser S) como medidor del tiempo transcurrido, porque puede entregar directamente el tiempo transcurrido t. Se coloca agua y plexiglás de espesor d en la trayectoria del rayo y se mide el aumento del tiempo transcurrido Δt. Con el valor de la velocidad de la luz c en el aire obtenido en el ensayo anterior se puede determinar la velocidad de la luz c_M en la materia:

$c_M = 2d/(2d/c+\Delta t) = 1/(1/c+\Delta t/2d)$.

Por último se calcula el índice de refración n de la relación

$n = c/c_M = c\cdot(1/c+\Delta t/2d) = 1 + c/2d\cdot\Delta t$

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de movimiento S	524 073
1	Tope	de 337 116
1	Cubeta de vidrio especular, 50 mm × 50 mm × 50 mm	477 03
1	Cuerpo de vidrio acrílico	476 34
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Ponga el láser S con el lado ancho hacia abajo plano sobre la mesa y conéctelo con la entrada A del CASSY. Pegue el tope con un pedazo de lámina reflectora que pertenece al láser S y a una distancia de 30 cm delante del láser sobre la regla de tal manera que el punto láser incida centralmente y en ángulo recto sobre la lámina.

Antes de la medición calentar el láser S unos 5 minutos para que el desplazamiento del cero sea lo más pequeño posible.

Realización del ensayo

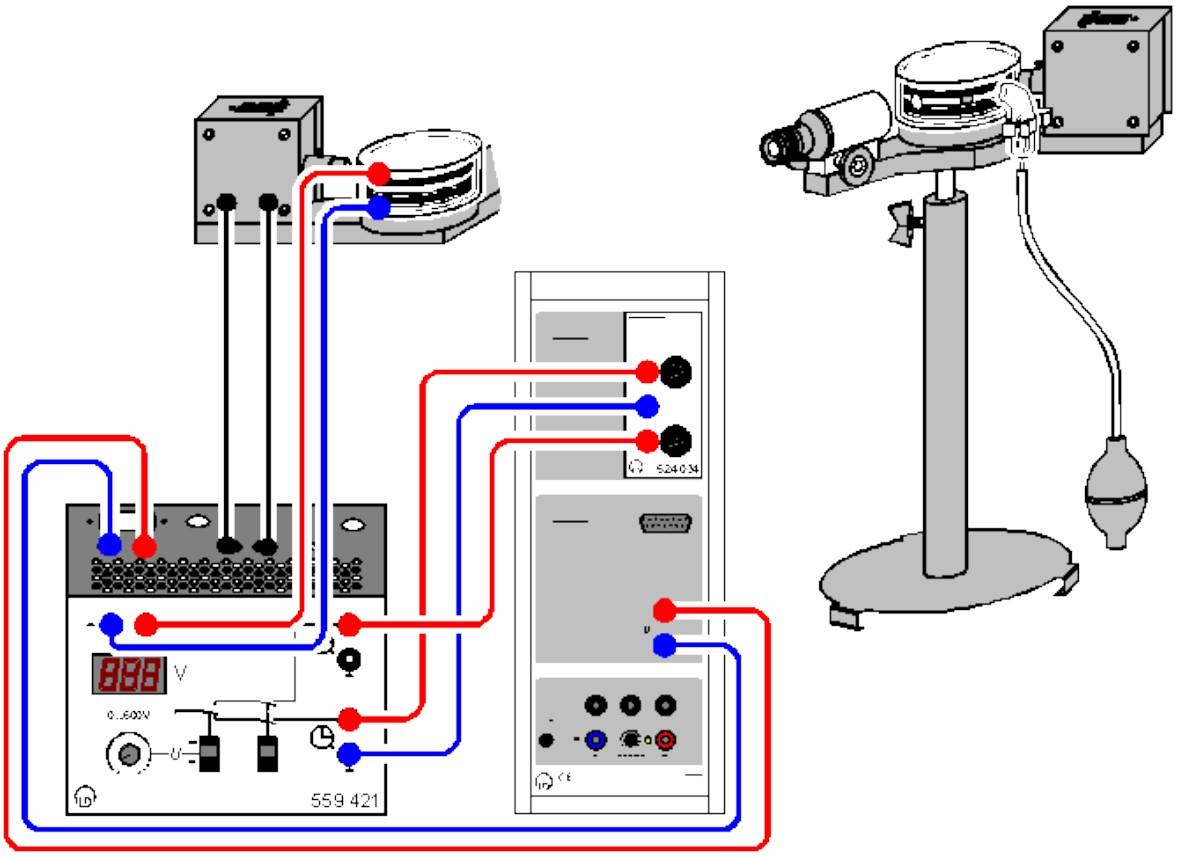
- Cargar ajustes
- Coloque la cubeta de vidrio especular seca y vacía en el trayecto del haz de tal forma que los reflejos visibles del láser de la superficie de vidrio justo no se reflejen de retorno hacia el láser (gire la cubeta unos 3°). De otro modo el láser ve también los reflejos y no puede determinar correctamente el tiempo transcurrido. El aumento de la longitud de onda que se produce por ello a través de la cubeta es menor que 1 % y puede ser despreciado.
- Defina el cero del tiempo transcurrido (**—> 0 <—** en Ajustes ΔtA1).
- Registre el primer "punto de medición" con **F9** (Aire).
- Llene agua en la cubeta especular.
- Registre el segundo punto de medición (agua) con **F9**.
- Retire la cubeta especular.
- Nuevamente defina el cero del tiempo transcurrido (**—> 0 <—** en Ajustes ΔtA1).
- Coloque el cuerpo de vidrio acrílico centralmente en la trayectoria del haz de tal forma que los reflejos visibles del láser de la superficie de vidrio justo no se reflejen de retorno hacia el láser (gire el cuerpo unos 3°).
- Registre el tercer punto de medición con **F9** (vidrio acrílico).

Evaluación

Las dos representaciones **Velocidad de la luz** e **Índice de refracción** muestran los resultados de la medición como diagramas de barras. La velocidad de la luz disminuye con los materiales ópticamente más densos, el índice de refracción aumenta.

Los valores que se encuentran en la literatura para el índice de refracción del agua y plexiglás son n=1,33 y n=1,5.

Experimento de Millikan



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En 1910 R. A. Millikan consiguió demostrar la cuantificación de las cantidades más pequeñas de electricidad con su famoso método de la gota de aceite. Observó el movimiento de gotitas de aceite cargadas en un campo eléctrico vertical producido por un condensador de placas con distancia entre placas d y determina a partir del radio r y del campo eléctrico E=U/d la carga q de una gotita en suspensión. Al mismo tiempo verifica que q sólo se presenta como un múltiplo entero de una carga elemental e, esto es: $q = n \cdot e$.

Teoría

Si una gotita de aceite de radio r_0 desciende (cae) con una velocidad $-v_1$ hacia abajo sobre ella actúa la fricción de Stokes contraria al movimiento $F_1 = 6\pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot v_1$ (η = Viscosidad del aire). Si la misma gotita de aceite asciende con una velocidad v_2 en un campo eléctrico E, entonces la fricción de Stokes actúa en sentido contrario $F_2 = -6\pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot v_2$. La diferencia entre estas dos fuerzas corresponde exactamente a la fuerza $q_0 \cdot E$ debido al campo eléctrico aplicado E, esto es:

$q_0 \cdot E = q_0 \cdot U/d = F_1 - F_2 = 6\pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot (v_1 + v_2)$ ó

$q_0 = 6\pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot d \cdot (v_1 + v_2) / U$.

Para determinar la carga q_0 sólo falta conocer el radio r_0 de la gotita observada que puede ser obtenida fácilmente a partir del equilibrio de fuerzas de su peso resultante $F = -V \cdot \Delta\rho \cdot g$ y de la fricción de Stokes F_1 cuando la gotita cae, en donde $\Delta\rho$ es la diferencia de densidades entre aceite y aire.

Se cumple entonces:

$0 = F + F_1 = -4/3\ \pi \cdot r_0^3 \cdot \Delta\rho \cdot g + 6\pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot v_1$ ó

$r_0 = \sqrt{(9\eta v_1 / 2\Delta\rho g)}$.

Para determinar con exactitud la carga q se debe considerar que la fricción de Stokes para radios r muy pequeños debe ser corregida, ya que estos se encuentran en el orden de magnitud del recorrido medio libre de las moléculas de aire. La fórmula para la fricción corregida dependiente de la presión de aire p tiene la siguiente forma:

$F = 6\pi\eta rv / (1+b/rp)$

donde b = 80 µm·hPa (constante).

Si reemplazamos A = b/p el radio corregido r deviene en:

$r = \sqrt{(r_0^2 + A^2/4)} – A/2$

y la carga corregida q es entonces:

$q = q_0 / (1+A/r)^{1,5}$.

Método de la suspensión

En esta variante del experimento la tensión U es ajustada en el condensador de placas de tal forma que la gotita de aceite elegida su velocidad de ascenso sea cero (v_2=0). La velocidad de descenso v_1 se mide luego de desconectar la tensión del condensador U. Con v_2=0 las fórmulas descritas líneas arriba se simplifican en algo.

En realidad no es tan exacto determinar v_2=0 y por esta razón el método de la suspensión arroja errores grandes y la dispersión en la distribución de frecuencias es también grande, mucho más que por el método que se describe a continuación.

Método del descenso y ascenso

En esta segunda variante se mide ambas velocidades v_1 y v_2, así como la tensión U. La ventaja de este método frente al método de suspensión de la gotita de aceite es la determinación más precisa de los valores medidos pues se mide realmente la velocidad v_2.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Timer	524 034
1	Aparato de Millikan	559 411
1	Unidad de servicio del aparato de Millikan	559 421
1	Cable de experimentación, 50 cm, rojo	500 421
3	Pares de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	Par de cables, 50 cm, negro	501 451
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Ensamble el aparato de Millikan según las instrucciones de servicio, llene el aceite y monte el circuito según el esquema. Para ello conecte la salida del cronómetro 1 con la entrada E y la salida del cronómetro 2 con la entrada F de la unidad Timer. Conecte la salida de tensión de la unidad de servicio con la entrada B del Sensor-CASSY.

Atención: El microscopio genera una imagen inversa. Todas las direcciones de movimiento aparecen por ello a la inversa. Sin embargo, a continuación se describe el movimiento real.

Si desea mejorar la demostración de las gotitas de aceite entonces se recomienda grabar la imagen microscópica con una cámara de vídeo (por ejemplo VideoFlex de ken-a-vision). En este caso la cámara puede grabar también "de cabeza", de tal manera que la dirección de movimiento visible corresponda nuevamente a la dirección de movimiento real.

Realización del ensayo

a) Método de la suspensión

- Cargar ajustes
- Coloque el micrómetro ocular en posición vertical y ajuste la nitidez de la imagen girando el anillo negro del ocular.

- Luego ponga los interruptores U y t hacia abajo.
- Encienda el interruptor del condensador con el interruptor U y ajuste una tensión (400 a 600 V) con el potenciómetro giratorio de tal forma que la gotita de aceite seleccionada ascienda 1 ó 2 divisiones de escala por segundo (en el ocular se ve como que cae). Luego reducir la tensión hasta que la gotita de aceite justo quede suspendida.
- Desconecte la tensión del condensador con el interruptor U.
- Tan pronto como la gotita de aceite se encuentre al lado de una marca de la escala seleccionada por usted, inicie la medición del tiempo con el interruptor t.
- Tan pronto como la gotita de aceite haya descendido otras 20 marcas de la escala (corresponde a 1 mm) (en el ocular se ve como que asciende) detenga la medición del tiempo con el interruptor t y conecte nuevamente la tensión del condensador con el interruptor U.
- Transfiera hacia la tabla los valores medidos del tiempo de descenso t_1 y la tensión U pulsando **F9**. La carga q calculada ingresará automáticamente al histograma.
- Repita la medición para otras gotitas de aceite.

b) Método del descenso y ascenso

Cargar ajustes

- Coloque el micrómetro ocular en posición vertical y ajuste la nitidez de la imagen girando el anillo negro del ocular.
- Luego ponga los interruptores U y t hacia abajo.
- Encienda el interruptor del condensador con el interruptor U y ajuste una tensión (400 a 600 V) con el potenciómetro giratorio de tal forma que la gotita de aceite seleccionada ascienda 1 ó 2 divisiones de escala/segundo (en el ocular se ve como que cae).
- Desconecte la tensión del condensador con el interruptor U.
- Tan pronto como la gotita de aceite se encuentre al lado de una marca de la escala seleccionada por usted, inicie la medición del tiempo con el interruptor t.
- Tan pronto como la gotita de aceite haya descendido otras 20 marcas de la escala (corresponde a 1 mm) (en el ocular se ve como que asciende), conecte nuevamente la tensión del condensador con el interruptor U. Esto inicia automáticamente la medición del tiempo t_2.
- Tan pronto como la gotita de aceite nuevamente se encuentre al lado de la primera división de la escala detenga la medición del tiempo con el interruptor t.
- Transfiera hacia la tabla los valores medidos del tiempo de descenso t_1, el tiempo de ascenso t_2 y la tensión U pulsando **F9**. La carga q calculada ingresará automáticamente al histograma.
- Repita la medición para otras gotitas de aceite.

Evaluación

Para la evaluación existe la posibilidad de insertar en la distribución de frecuencia medida el valor medio y verificar la relación $q = n \cdot e$ (con $e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}$ C).

Nota

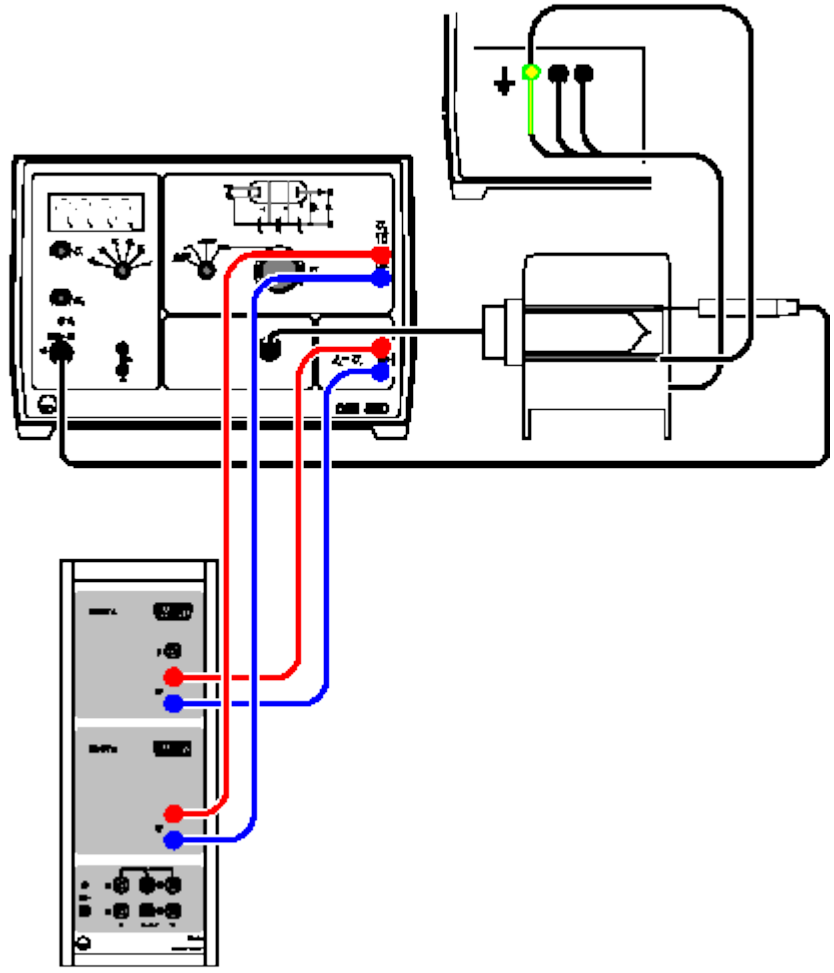
Si se selecciona gotitas de aceite con carga reducida, la estadística conlleva rápidamente a un resultado consistente. Las gotitas de aceite de carga reducida pueden ser reconocidas por su tamaño; éstas son pequeñas y se mueven relativamente lentas en el campo eléctrico.

Si en la clase no hay tiempo suficiente para seguir unas 20 a 30 gotitas de aceite, entonces antes de la medición uno puede cargar el ejemplo con los valores medidos en lugar de puros ajustes. Los nuevos valores medidos aparecen en el histograma como barras rojas y confirman de esta manera, con la imprecisión estadística habitual, la medición del ejemplo registradas en negro.

Para la medición de las cargas q negativas se debe intercambiar las conexiones, tanto en el condensador de placas como en la entrada B de CASSY.

Si la presión atmosférica local es bastante diferente de 1013 hPa, entonces se recomienda modificar la presión atmosférica en la fórmula referida al Parámetro de corrección A respectivo. Es claro que después de ello los valores del ejemplo mostrados ya no serán coherentes con la medición.

Experimento de Franck-Hertz con mercurio



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En 1914 James Franck y Gustav Hertz dieron a conocer que cuando los electrones pasan a través de vapor de mercurio se observa una pérdida discontinua de energía asociada con la emisión de la línea ultravioleta (λ = 254 nm) del mercurio. Unos meses después Niels Bohr veía confirmada su propuesta de modelo atómico desarrollado por él mismo. Por todo esto el experimento de Franck-Hertz ha devenido en el experimento clásico para corroborar la teoría cuántica.

En este experimento se eleva la tensión de aceleración U_2 desde 0 V hasta 30 V manteniendo la tensión excitadora U_1 y la contratensión U_3 constantes y se mide la corriente del colector respectiva I_A. Inicialmente esta corriente aumenta de manera similar a un tetrodo clásico, pero alcanza un máximo cuando la energía cinética de los electrones alcanza justo para llegar hasta antes de la rejilla G_2 y entregar por colisión la energía necesaria (E_{Hg} = 4,9 eV) para excitar un átomo de mercurio. La corriente del colector disminuye drásticamente porque los electrones después de la colisión ya no pueden superar la contratensión U_3.

Al aumentar la tensión de aceleración U_2 los electrones continúan recibiendo energía para excitar a los átomos de mercurio delante de la rejilla G_2. Después de la colisión son acelerados nuevamente y toman por segunda vez tanta energía del campo eléctrico, siempre que la tensión de aceleración sea suficiente, que pueden excitar a un átomo de mercurio. Se produce un segundo máximo y para tensiones U_2 aún mayores se producen otros máximos de la corriente del colector I_A.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tubo de Franck-Hertz con Hg	555 854
1	Casquillo de conexión para el tubo de FH con Hg	555 864
1	Horno eléctrico tubular, 230 V	555 81
1	Unidad de operación Franck-Hertz	555 880
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 193
2	Pares de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

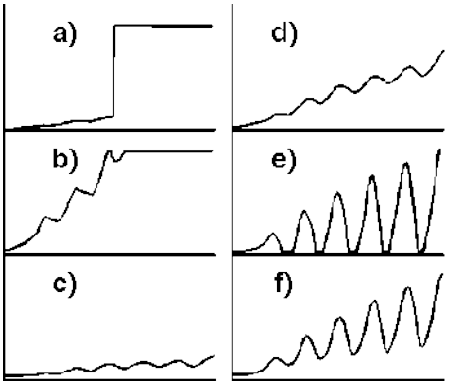
- Mantenga la unidad de operación apagada.
- Conecte el horno tubular con las hembrillas de seguridad de 4 mm en el lado posterior de la unidad de operación. En especial tenga en cuenta que el clavijero amarillo-verde quede conectado de todas formas a la hembrilla de seguridad amarillo-verde (tierra).
- Igualmente conecte el cordón flexible de cobre del tubo de cobre, con clavija de 4 mm, a la hembrilla amarillo-verde (apantallamiento del tubo de Franck-Hertz frente a campos distorsionadores).
- Conecte la sonda de temperatura, la hembrilla DIN "NiCr-Ni" y el tubo de Franck-Hertz a la hembrilla DIN "Franck-Hertz-Rohr" de la unidad de operación.
- Por el agujero respectivo inserte la sonda de temperatura en el horno tubular hasta el tope del agujero ciego del tubo de cobre y coloque el tubo de Franck-Hertz junto con el tubo de cobre en el horno.
 Nota: Cuando el contacto térmico de la sonda de temperatura no es bueno la temperatura del horno que se mide es muy baja y el tubo puede calentarse demasiado.
- Gire la unidad de operación hacia la posición RESET y enciéndela (después de unos segundos la indicación LED del Hg cambia de verde a rojo).
- Verifique el predeterminado ϑ_S = 180 °C y espere hasta que la temperatura de operación haya sido alcanzada (el LED cambia de rojo a verde, la temperatura ϑ alcanza primero un máximo y disminuye después hasta un valor final).

En el caso que la indicación en el display se haga intermitente:

- Corrija el error de montaje en la medición de temperatura (véase las instrucciones de servicio).
- Para la tensión proporcional a la corriente del colector conecte la entrada A de tensión del Sensor-CASSY a la salida U_A y para la tensión de aceleración conecte la entrada B de tensión del Sensor-CASSY a la salida $U_2/10$.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ajuste la tensión de excitación U_1 = 1,5 V y la contratensión U_3 = 1,5 V y registre la curva de Franck-Hertz en el modo de operación "Rampa". A tal fin inicie la medición con **F9** e inmediatamente ajuste el conmutador del modo de operación a "Rampa". La medición se detiene automáticamente después de 15 s; luego de ello volver a poner el conmutador en la posición RESET.



1) Optimización de ϑ

En el caso que la curva de Franck-Hertz aumente bruscamente (salto), tal como se muestra en (a) y en el tubo de Franck-Hertz se observe una descarga de gas como una luminosidad azul a través del agujero de inserción del horno tubular:

- Ponga inmediatamente el conmutador del modo de operación en la posición RESET y espere hasta que la temperatura de operación haya sido alcanzada.
- En caso necesario aumente el valor teórico de ϑ_S con un potenciómetro de ajuste con destornillador (por ej. en 5 °C) y espere unos minutos hasta que se alcance un nuevo equilibrio térmico.

2) Optimización de U_1

Una mayor tensión de excitación U_1 permite una mayor corriente de emisión de los electrones.

En el caso que la curva de Franck-Hertz esté muy empinada, esto es, si se alcance el límite de saturación del amplificador de medición de corriente antes de U_2 = 30 V y la curva de Franck-Hertz se corte por arriba (b):

- Disminuya U_1 hasta obtener la pendiente de la curva (d).

Si la curva de Franck-Hertz es demasiado plana, esto es, la corriente del colector I_A siempre se encuentra por debajo de los 5 nA (c):

- Aumente U_1 hasta que la pendiente de la curva corresponda a (d).

Si la curva de Franck-Hertz permanece demasiado plana a pesar del aumento de U_1:

- Reduzca el valor teórico ϑ_S para la temperatura del horno con un potenciómetro de ajuste con destornillador.

3) Optimización de U_3

Una mayor contratensión U_3 actúa acentuando los máximos y mínimos de la curva de Franck-Hertz y al mismo tiempo se reduce en total la corriente del colector.

Si los máximos y mínimos de la curva de Franck-Hertz no están bien pronunciados (d):

- De manera alternada aumente primero la contratensión U_3 y luego la tensión excitadora U_1 hasta que se haya alcanzado la forma de curva (f).

Si los mínimos de la curva de Franck-Hertz son "cortados" por abajo como en (e):

- De manera alternada reduzca primero la contratensión U_3 y luego la tensión excitadora U_1 hasta conseguir la forma de curva (f).

El tubo de Franck-Hertz con Hg del ejemplo de ensayo fue operado con los parámetros U_1 = 2,58 V, U_3 = 1,95 V y ϑ_S = 180 °C.

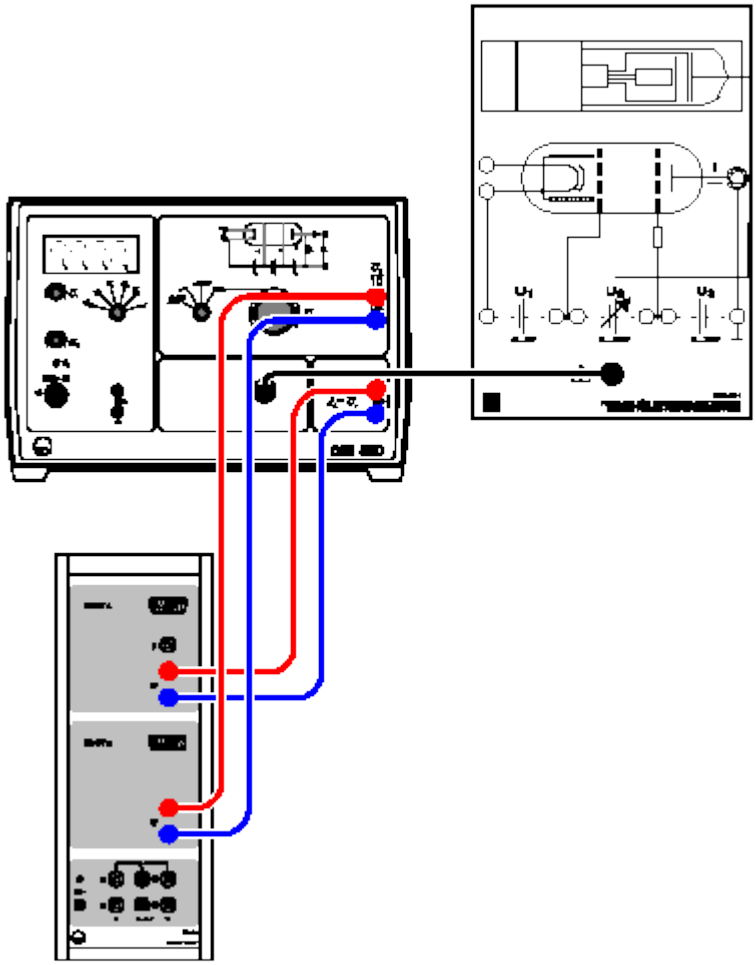
Evaluación

De la curva trazada se toma la distancia entre máximos consecutivos trazando líneas verticales o entre centros de los picos. En el ejemplo de ensayo el valor medio obtenido es U_2 = 5,07 V. Esto corresponde a una transferencia de energía ΔE = 5,07 eV.

El valor que da la bibliografía para la energía de transición de los átomos de mercurio desde el estado fundamental 1S0 hacia el primer estado excitado 3P1 es E_{Hg} = 4,9 eV.

La posición del primer máximo es determinada por el potencial de contacto de los materiales usados en los electrodos y de la tensión excitadora U_1. La distancia mayor entre los máximos de orden superior depende de la superposición de la curva de Franck-Hertz con las características del tubo.

Experimento de Franck-Hertz con neón



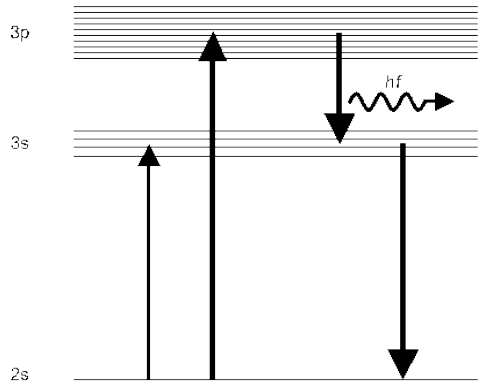
Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En 1914 James Franck y Gustav Hertz dieron a conocer que cuando los electrones pasan a través de vapor de mercurio se observa una pérdida discontinua de energía asociada con la emisión de la línea ultravioleta (λ = 254 nm) del mercurio. Unos meses después Niels Bohr veía confirmada su propuesta de modelo atómico desarrollado por él mismo. Por todo esto el experimento de Franck-Hertz ha devenido en el experimento clásico para corroborar la teoría cuántica.

En este experimento se estudia la pérdida de energía de electrones libres por dispersión inelástica (excitación por choques) en átomos de neón. La excitación ocurre con una probabilidad muy alta desde el estado fundamental hacia los diez estados 3p que se encuentran entre 18,4 eV y 19,0 eV por encima del estado fundamental. Los cuatro estados 3s con 16,6 eV hasta 16,9 eV que se encuentran un poco más bajo son excitados con menor probabilidad. La transición de los estados 3p hacia el estado fundamental con emisión de fotones es posible pero sólo a través de los estados 3s (véase el esquema de niveles). La luz emitida que se encuentra en el rango visible entre rojo y verde puede ser observada a simple vista.



El gas neón se encuentra en un tubo de vidrio evacuado a una presión de aprox. 10 hPa. El tubo de vidrio contiene un sistema de cuatro electrodos: por el cátodo caliente salen electrones que forman una nube de carga espacial. Estos electrones son excitados por la tensión U_1 entre el cátodo y el electrodo de control G_1 de forma de rejilla y luego acelerados por la tensión de aceleración U_2 hacia la rejilla G_2. Entre G_2 y el electrodo colector se aplica una contratensión U_3. Sólo los electrones con suficiente energía cinética alcanzan el colector y contribuyen a la corriente del colector.

En el experimento se aumenta la tensión de aceleración U_2 desde 0 V hasta 80 V manteniendo la tensión excitadora U_1 y la contratensión U_3 constante y se mide la corriente colectora respectiva I_A. Esta corriente crece primero de manera similar como en un tetrodo clásico, pero alcanza un máximo cuando la energía cinética de los electrones es suficiente como para llegar justo antes de la rejilla G_2 y entregar por colisión la energía necesaria para excitar un átomo de neón. La corriente del colector disminuye drásticamente porque los electrones ya no pueden sobrepasar la contratensión U_3 después de la colisión.

A medida que aumenta la tensión de aceleración U_2 los electrones siguen recibiendo energía necesaria para excitar a los átomos de neón delante de la rejilla G_2. Después de la colisión son acelerados nuevamente y toman por segunda vez suficiente energía del campo eléctrico, siempre que la tensión de aceleración sea la adecuada como para poder excitar un átomo de neón. Se produce un segundo máximo y para tensiones U_2 aún mayores ocurren otros máximos de la corriente colectora I_A.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Tubo de Franck-Hertz de Ne	555 870
1	Montura en panel de conexión	555 871
1	Cable de conexión FH de Ne	555 872
1	Unidad de operación de Franck-Hertz	555 880
2	Pares de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

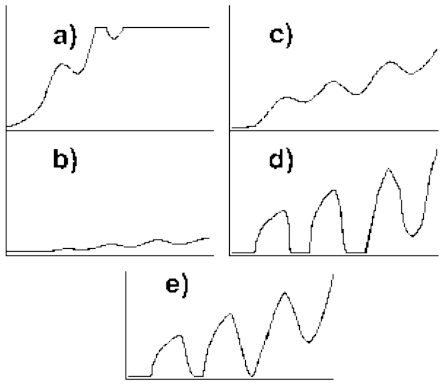
Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Fije el tubo de Franck-Hertz con neón en la montura sobre el panel de conexión y mediante cable de conexión conéctelo a la hembrilla "Tubo de Franck-Hertz" de la unidad de operación Franck-Hertz.
- Ponga el conmutador del modo de operación en RESET.
- Para la tensión proporcional a la corriente colectora conecte la entrada de tensión A del Sensor-CASSY a la salida U_A y para la tensión de aceleración conecte la entrada de tensión B del Sensor-CASSY a la salida $U_2/10$.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ajuste la tensión de excitación U_1 = 1,5 V y la contratensión U_3 = 5 V y registre la curva de Franck-Hertz en el modo de operación "Rampa". A tal fin inicie la medición con **F9** e inmediatamente

ajuste el conmutador del modo de operación a "Rampa". La medición se detiene automáticamente después de 40 s, luego de ello vuelva a poner el conmutador en la posición RESET.



1) Optimización de U_1

Una mayor tensión de excitación U_1 produce una mayor corriente de emisión de los electrones.

En el caso que la curva de Franck-Hertz crezca muy drásticamente, esto es, el límite de saturación del amplificador de medición de corriente se alcance antes de U_2 = 80 V y la curva de Franck-Hertz se corta por arriba como en (a) entonces:

- Disminuya U_1 hasta conseguir una pendiente como se muestra en la curva (c).

Si la curva de Franck-Hertz es demasiado plana, esto es, la corriente del colector I_A siempre se encuentra por debajo de los 5 nA (b) entonces:

- Aumente U_1 hasta que la pendiente de la curva corresponda a (c).
- En caso necesario optime la calefacción del cátodo de acuerdo con las instrucciones de servicio de la unidad de operación de Franck-Hertz.

2) Optimización de U_3

Una mayor contratensión U_3 actúa acentuando los máximos y mínimos de la curva de Franck-Hertz y al mismo tiempo reduce en su totalidad la corriente del colector.

Si los máximos y mínimos de la curva de Franck-Hertz no están bien pronunciados como en (c):

- De manera alternada aumente primero la contratensión U_3 y luego la tensión excitadora U_1 hasta conseguir la forma de curva (e).

Si los mínimos de la curva de Franck-Hertz son "cortados" por abajo como en (d):

- De manera alternada reduzca primero la contratensión U_3 y luego la tensión excitadora U_1 hasta conseguir la forma de curva (e).

El tubo de Franck-Hertz con Ne del ejemplo de ensayo fue operado con los parámetros U_1 = 1,5 V y U_3 = 7,9 V.

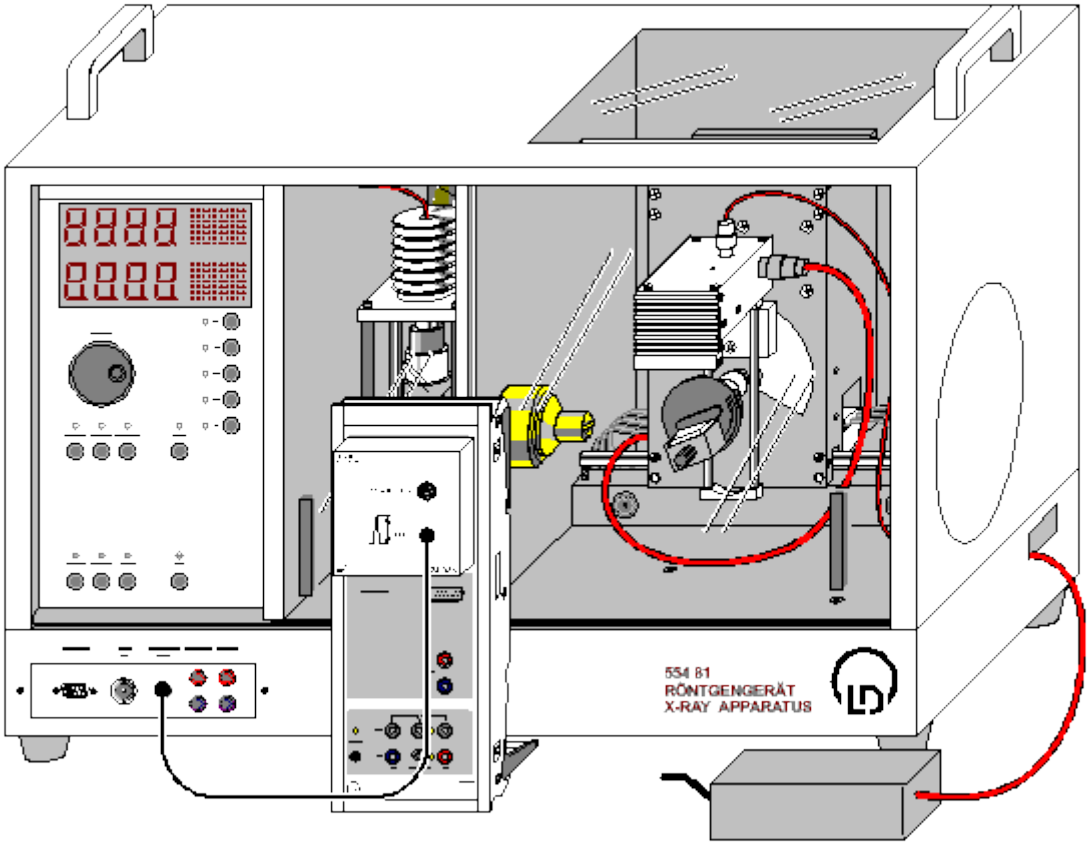
Evaluación

De la curva trazada se toma la distancia entre máximos consecutivos trazando líneas verticales (a simple vista). En el ejemplo de ensayo el valor medio obtenido es U_2 = 18,2 V. Este valor se encuentra claramente más próximo a las energías de excitación de los niveles 3p del neón (18,4 a 19,0 eV) que de los niveles 3s (16,6-16,9 eV). Estos últimos son excitados con una probabilidad esencialmente menor por choques inelásticos de electrones.

La subestructura en la curva medida muestra que la excitación de los niveles 3s no puede ser despreciada totalmente. Se observa que en choques dobles o múltiples ocurren diferentes combinaciones de excitación de los niveles 3s y 3p.

En el tubo de Franck-Hertz con Ne se puede observar capas luminosas en función de la tensión de aceleración. Estas están correlacionadas directamente con los mínimos de la curva de Franck-Hertz.

Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas K)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Al trabajar con metales pesados o alergenos de los juegos de blancos observe las instrucciones de servicio respectivas.

Descripción del ensayo

Fluorescencia de rayos X ocurre cuando electrones de las capas internas de un átomo son eyectados por efecto de los rayos X. El átomo queda ionizado con una vacancia (hueco) en una subcapa que anteriormente estaba cerrada. Estos huecos pueden ser llenados por otros electrones pertenecientes a otras capas del mismo átomo que están ligadas en menor grado: por ej. la capa K puede cerrarse cuando un electrón de la capa L pasa hacia ella. Tal transición viene acompañada con la emisión de un fotón. Esta radiación sólo se produce para determinadas energías (discretas) de fotones y que corresponden a la diferencia de energía entre los niveles participantes. Estas diferencias de energías son características para cada elemento químico.

Las denominaciones de las líneas características de rayos X están compuestas por el símbolo de la capa electrónica (K, L, M, etc.) y una letra griega (α, β, γ, etc.). Aquí se designa la capa electrónica que ha sido ionizada antes de la transición del electrón. Así por ejemplo, la denominación de la línea K_α designa la transición desde la capa L hacia la capa K, la línea K_β designa la transición desde la capa M hacia la capa K. Las líneas L_α y L_β designan las transiciones desde la capa M y capa N hacia la capa L.

En el año 1913 Moseley encontró la siguiente ley para las energías E de las líneas características:

$$\sqrt{\frac{E}{Ry}} = (Z - \sigma)\sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)}$$

donde Z es el número atómico, σ es la constante de apantallamiento, $Ry = m_e e^4/8\varepsilon_0^2 h^2 = 13{,}6$ eV es una constante y n_1 y n_2 son los números cuánticos principales de las capas electrónicas participantes ($n_1 < n_2$).

En el experimento se determina las energías de las líneas características K_α y K_β del Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo y Ag; se verifica la ley de Moseley y se determina las constantes de apantallamiento σ_α y σ_β.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con tubo de Mo	554 801 o 554 811
1	Juego de blancos de fluorescencia de líneas K	554 844
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación por el canal del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Con el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Continúe introduciendo el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Oprima el pulsador SENSOR y ponga manualmente el ángulo del sensor a 90° con el ajustador ADJUST.
- Ajuste la distancia entre diafragma ranurado del colimador y el eje de giro, así como entre eje de giro y abertura de entrada del detector de energía, cada uno a 5 – 6 cm.
- Oprima el pulsador TARGET y ponga manualmente el ángulo del blanco a 45° con el ajustador ADJUST.
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador e inserte la unidad MCA.
- Conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X mediante un cable BNC con la unidad MCA.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía de rayos X está listo para su funcionamiento).
- Coloque el primer blanco (Ti) del juego de blancos Fluorescencia de líneas K sobre la mesa de blancos.
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Finalmente registre los espectros de los otros blancos (Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo y Ag) del juego de blancos Fluorescencia de líneas K.

Calibración de energía

La calibración de energía de los espectros se realiza en las líneas K_α del hierro (Fe) y molibdeno (Mo).

- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra Calibración de energía, seleccione **calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de la línea K_α del Fe (6,40 keV) y la línea K_α del Mo (17,48 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea K_α del Fe (2do. espectro) e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Finalmente determine el centro de la línea K_α del Mo (7mo. espectro) e ingrésela igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.

Evaluación

A medida que el número atómico Z aumenta, se eleva también la energía de las líneas características, así como el desdoblamiento entre las componentes α y β de la serie espectral K. Para un análisis cuantitativo se tiene que determinar las energías de las líneas individuales de la siguiente manera:

- Seleccione el espectro en el diagrama.
- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+V** coloque dos líneas verticales aproximadamente en las posiciones de las líneas K_α y K_β.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones llame la opción Gaussianas del mismo ancho y marque el intervalo de los picos deseados (¡marque la base con generosidad!).
- Lea las posiciones de los picos obtenidas en la línea de estado e ingrésela junto con los números atómicos Z del Ti (Z=22), Fe (Z=26), Ni (Z=28), Cu (Z=29), Zn (Z=30), Zr (Z=40), Mo (Z=42) y Ag (Z=47) en la representación **Energía** (hacer un clic con el ratón) (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).

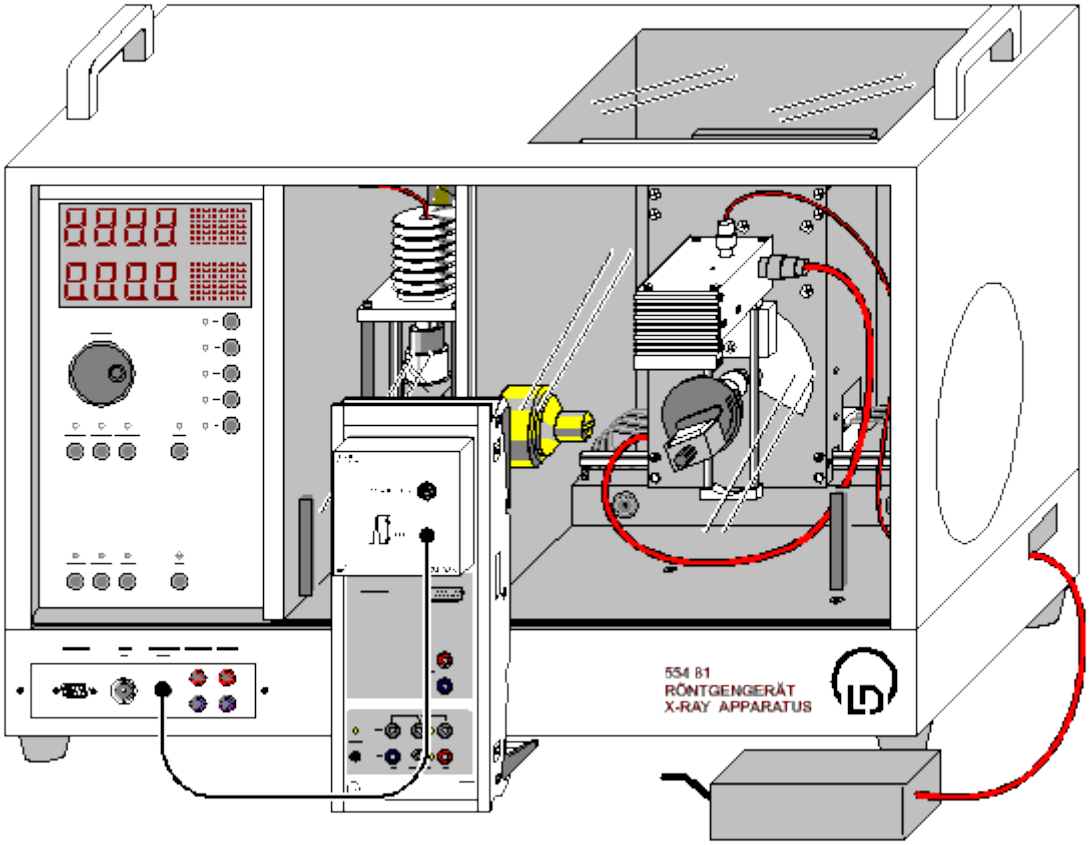
Para cada línea se calcula automáticamente la expresión $\sqrt{E/Ry}$ y en la representación **Moseley** se la grafica en función del número atómico Z. Lo mismo debe hacerse para las constantes de apantallamiento σ_α y σ_β en la representación **Apantallamiento**.

En la representación **Moseley** se puede trazar una recta teórica para las líneas K_α mediante un ajuste libre con la fórmula (x-1)*sqr(3/4) que concuerda muy bien con los valores medidos.

La representación **Apantallamiento** muestra para las líneas K_α que la desviación respecto al valor teórico σ_α=1 es mayor, cuanto mayor es el número atómico Z. Esto se debe a que la influencia de los electrones exteriores es mayor conforme el número de electrones aumenta.

Las constantes de apantallamiento σ_β para las líneas K_β tienen valores numéricos $\sigma_\beta \approx 2$ que indica un mayor apantallamiento efectivo de la carga nuclear para las transiciones de electrones desde el nivel superior n_2=3, tal como se esperaba.

Ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de líneas L)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Al trabajar con metales pesados o alergenos de los juegos de blancos observe las instrucciones de servicio respectivas.

Descripción del ensayo

Fluorescencia de rayos X ocurre cuando electrones de las capas internas de un átomo son eyectados por efecto de los rayos X. El átomo queda ionizado con una vacancia (hueco) en una subcapa que anteriormente estaba cerrada. Estos huecos pueden ser llenados por otros electrones pertenecientes a otras capas del mismo átomo que están ligadas en menor grado: por ej. la capa K puede cerrarse cuando un electrón de la capa L pasa hacia ella. Tal transición viene acompañada con la emisión de un fotón. Esta radiación sólo se produce para determinadas energías (discretas) de fotones y que corresponden a la diferencia de energía entre los niveles participantes. Estas diferencias de energías son características para cada elemento químico.

Las denominaciones de las líneas características de rayos X están compuestas por el símbolo de la capa electrónica (K, L, M, etc.) y una letra griega (α, β, γ, etc.). Aquí se designa la capa electrónica que ha sido ionizada antes de la transición del electrón. Así por ejemplo, la denominación de la línea K_α designa la transición desde la capa L hacia la capa K, la línea K_β designa la transición desde la capa M hacia la capa K. Las líneas L_α y L_β designan las transiciones desde la capa M y capa N hacia la capa L.

En el año 1913 Moseley encontró la siguiente ley para las energías E de las líneas características:

$$\sqrt{\frac{E}{Ry}} = (Z - \sigma)\sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)}$$

donde Z es el número atómico, σ es la constante de apantallamiento, $Ry = m_e e^4/8\varepsilon_0^2 h^2 = 13{,}6$ eV es una constante y n_1 y n_2 son los números cuánticos principales de las capas electrónicas participantes ($n_1 < n_2$).

En el ensayo se determina las energías de las líneas características L_α y L_β del Ag, In, Sn, W, Au y Pb, se verifica la ley de Moseley y se determina las constantes de apantallamiento σ_α y σ_β. Aunque en este experimento la estructura fina de las líneas, por ej. $L_{\alpha1}$ y $L_{\alpha2}$ no puede resolverse, éstas aparecen en el espectro como una línea (L_α).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con tubo de Mo	554 801 o 554 811
1	Juego de blancos de fluorescencia de líneas L	554 846
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación por el canal del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Con el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Continúe introduciendo el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Oprima el pulsador SENSOR y ponga manualmente el ángulo del sensor a 90° con el ajustador ADJUST.
- Ajuste la distancia entre diafragma ranurado del colimador y el eje de giro, así como entre eje de giro y abertura de entrada del detector de energía, cada uno a 5 – 6 cm.
- Oprima el pulsador TARGET y ponga manualmente el ángulo del blanco a 45° con el ajustador ADJUST.
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador e inserte la unidad MCA.

- Conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X mediante un cable BNC con la unidad MCA.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía de rayos X está listo para su funcionamiento).
- Coloque el primer blanco (Ag) del juego de blancos Fluorescencia de líneas L sobre la mesa de blancos.
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Finalmente registre los espectros de los otros blancos (In, Sn, W, Au y Pb) del juego de blancos Fluorescencia de líneas L.

Calibración de energía

La calibración de energía de los espectros se realiza en la línea L_α del wolframio (W) y en la línea K_α de la plata (Ag).

- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra Calibración de energía, seleccione **calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de la línea L_α del W (8,40 keV) y la línea K_α de la Ag (22,17 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea L_α del W (pico mayor en el 4to. espectro) e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Finalmente determine el centro de la línea K_α de la Ag (pico mayor en el 1er. espectro) e ingrésela igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.

Evaluación

Cuanto mayor es el número atómico Z más elevadas son también las energías de las líneas características y mayor es el desdoblamiento entre las componentes α y β de la serie espectral L. Con el detector de energía y en los elementos pesados se puede verificar también la presencia de las componentes L_l y L_γ relativamente pequeñas, a la izquierda y a la derecha, al lado de las componentes L_α y L_β. Para un análisis cuantitativo se tiene que determinar las energías de cada una de las líneas de la siguiente manera:

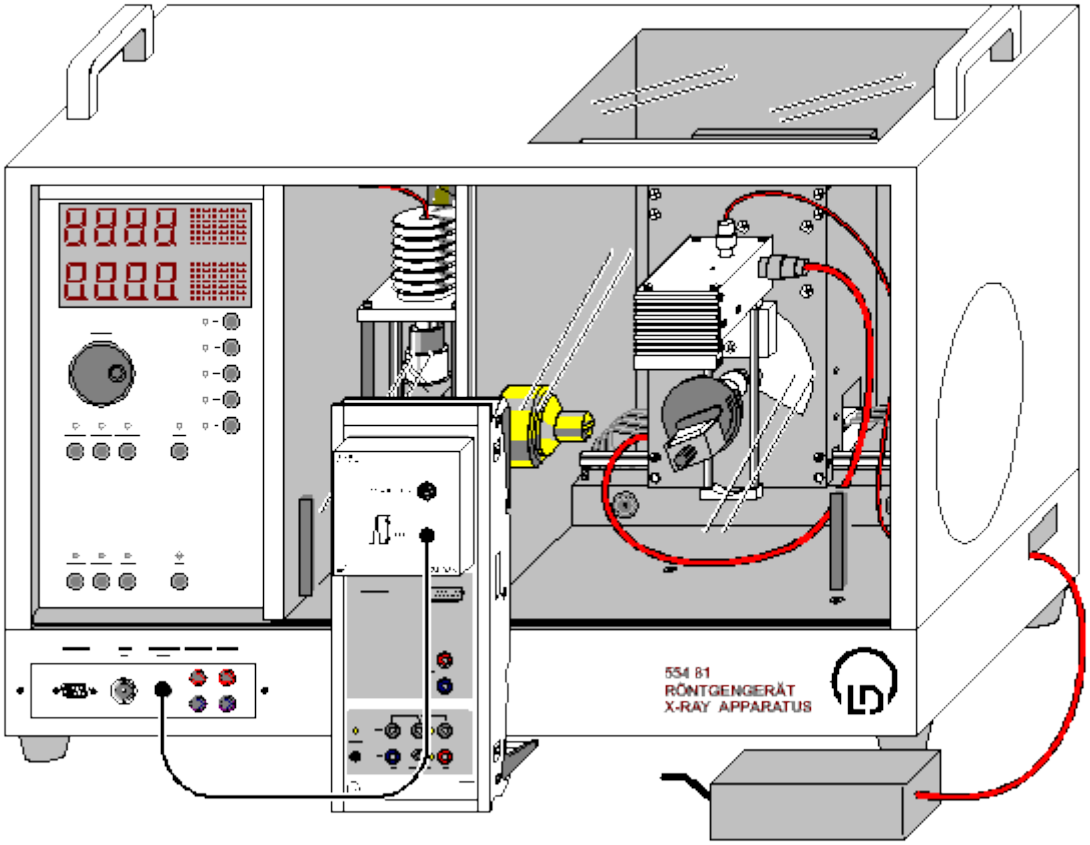
- Seleccione el espectro en el diagrama.
- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+V** coloque dos líneas verticales aproximadamente en las posiciones de las líneas L_α y L_β. Como en los elementos plata, indio y estaño las líneas L_α y L_β no están resueltas, en la evaluación son tomadas como líneas individuales.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones llame la opción Gaussianas del mismo ancho y marque el intervalo de los picos deseados (¡marque la base con generosidad!).
- Lea las posiciones de los picos en la línea de estado e ingréselas con los números atómicos Z respectivos de los elementos Ag (Z=47), In (Z=49), Sn (Z=50), W (Z=74), Au (Z=79) y Pb (Z=82) en la representación **Energía** (haga un clic con el ratón) (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).

Para cada línea se calcula automáticamente la expresión $\sqrt{E/Ry}$ y en la representación **Moseley** se la grafica en función del número atómico Z. Lo mismo debe hacerse para las constantes de apantallamiento σ_α y σ_β en la representación **Apantallamiento**.

En la representación **Moseley** con una recta promedio se puede verificar la relación lineal de la ley de Moseley para las líneas L_α y L_β.

En la representación **Apantallamiento** se aprecia la diferencia entre las dependencias de las constantes de apantallamiento para las líneas L_α y L_β respecto al número atómico Z, cuya explicación se encuentra en la estructura diferenciada de los subniveles de las capas M y L. Se observa que la constante de apantallamiento para las líneas L_α tiene un valor $\approx$ 7. Esto significa que el apantallamiento se debe a los 7 electrones que quedan en la capa L después de la ionización. Lo que indica a su vez que los orbitales p y s (capas L y K) tienen una forma tal que los dos electrones que se encuentran en la capa K no contribuyen en el apantallamiento de la transición L_α.

Reflexión de Bragg resuelta en energía en diferentes órdenes de difracción



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Descripción del ensayo

Después de la primera observación realizada por W.H. y W.L. Bragg en el año 1913 se puede interpretar el ordenamiento regular de átomos en un cristal como un ordenamiento de planos reticulares paralelos entre sí.

Al incidir rayos X paralelos sobre un cristal éstos son dispersados elásticamente en cada átomo. Sólo cuando se cumplen dos condiciones las ondas dispersadas en los átomos individuales interfieren constructivamente entre sí. Estas condiciones son las siguientes:

Ángulo de incidencia α_1 = Ángulo de salida $\alpha_2 = \alpha$

y

$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (Condición de Bragg)

donde d es la distancia interplanar y el orden de difracción n es un número entero. El ángulo α se toma con respecto a los planos reticulares.

Al registrar un espectro mediante un detector de alta resolución no se registra las longitudes de onda sino las energías. Para ello y tomando en cuenta $E = h\nu = hc/\lambda$ se puede rescribir la condición de Bragg como sigue:

$E_n = nhc / 2d\sin\alpha$

o

$E_n/n = hc / 2d\sin\alpha \approx 620\ pm \cdot keV / d\sin\alpha$

donde E_n es la energía de los rayos X reflejada en el orden de difracción n. Se puede ver que para un ángulo fijo α la energía E_1 más pequeña se presenta en el primer orden de difracción. La relación de la energía de radiación en el orden de difracción n respecto a la energía de radiación en el primer orden de difracción E_n/E_1 reproduce nuevamente el orden de difracción. La relación E_n/n es para cada grupo de planos reticulares es constante.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con goniómetro	554 801 o 554 811
1	Tubo de rayos X de Cu	554 862 o 554 85
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- En caso necesario cambie el tubo de Mo por el tubo de Cu (véase las instrucciones de servicio del aparato de rayos X).
- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación por el canal del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Con el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Continúe introduciendo el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador e inserte la unidad MCA.
- Conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X mediante un cable BNC con la unidad MCA.
- Ajuste la distancia entre diafragma ranurado del colimador y el eje de giro, así como entre eje de giro y abertura de entrada del detector de energía, cada uno a 5 – 6 cm.
- Ponga el cristal de NaCl, suministrado con el aparato de rayos X, sobre la mesa de blancos y sujételo cuidadosamente.
- Oprima el pulsador COUPLED y regule manualmente el ángulo del blanco a 4,5° con el ajustador giratorio ADJUST.

Nota

Para este experimento se emplea el tubo de Cu por lo delgado de su ventana delgada que permite suministrar radiación en un amplio rango de energía: desde aprox. 5 hasta 35 keV para una alta tensión de 35 kV. El ángulo del cristal es elegido de tal forma que sólo la radiación de frenado se

refleja en el cristal y no las líneas características. De otro modo la intensidad mucho mayor de la línea característica puede falsear la relación de intensidades de los diferentes órdenes de difracción.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía de rayos X está listo para su funcionamiento).
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Registre el espectro de calibración (inicie el registro del espectro con **F9**).
- Ajuste la corriente de emisión I = 0,40 mA.
- Registre los espectros para los siguientes ángulos (blanco): 5°, 10°, 15° y 20°.

Calibración de energía

En la carcasa del fotodiodo PIN de Si del detector de energía, los rayos X generan asimismo radiación fluorescente de rayos X que también es registrada. Por esta razón se espera que en el espectro primario aparezcan también las líneas del oro (Au) y de la plata (Ag) al lado de los picos de la radiación reflectada. Con estas líneas se puede efectuar la calibración de energía de los espectros.

Debido a la dispersión de la línea K_α del Cu del espectro primario del tubo de rayos X se puede ver a la izquierda un pico en E=8,1 keV. Los siguientes picos más pequeños en E=9,7 keV, 11,4 keV y 22,2 keV son causados por la fluorescencia de la carcasa (L_α del Au, L_β y K_α de la Ag) y el pico grande de la derecha es radiación reflejada (Condición de Bragg).

- Seleccione el espectro N_1 (4,5°).
- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra Calibración de energía, seleccione **calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de la línea L_α del Au (9,71 keV) y de la línea K_α de la Ag (22,16 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea L_α del Au e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Finalmente determine el centro de la línea K_α de la Ag e ingrésela igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.

Nota

Para excitar las líneas K de la plata en el material de la carcasa, la energía de la radiación reflejada debe sobrepasar el canto K de la plata (25,52 keV). Por esta razón la calibración de la energía es realizada en el espectro con α=4,5°.

Evaluación

Para confirmar que los picos restantes pertenecen a los diferentes órdenes de una difracción en el mismo grupo de planos reticulares, se debe analizar las relaciones de las energías de los picos.

Para determinar las energías de los picos en función del ángulo de dispersión:

- Seleccione el espectro de energía (5°, 10°, 15° y 20°).
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico y marque el pico deseado.
- Lea la posición del pico en la línea de estado e ingrésela como E_n=1, E_n=2, E_n=3 ó E_n=4 en la representación **Energía** (haga un clic con el ratón) junto con el ángulo α (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).

En la representación **Orden** se tiene una tabla en la que se indica la relación E_n/E_1 de la energía de radiación en el orden de difracción n respecto a la energía de radiación en el primer orden. Se aprecia que estas relaciones son cercanamente valores enteros, lo que hace suponer que estas pertenecen a los diferentes órdenes de la difracción para el mismo grupo de planos reticulares.

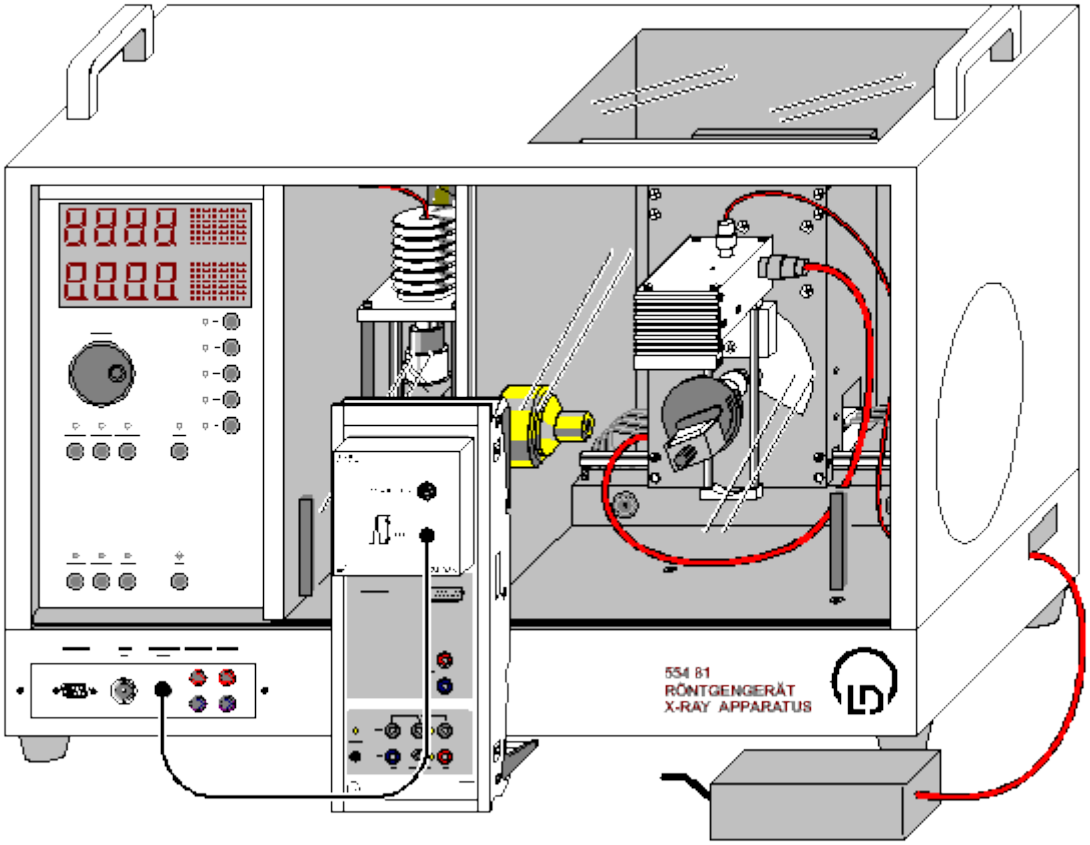
En la representación **Distancia interplanar** se ha determinado para cada ángulo del cristal la distancia interplanar d a partir de los valores promedios E_n/n. Se pone de manifiesto que se observado una difracción, para todos los ángulos en un grupo de planos reticulares, con una distancia

interplanar d ≈ 280 pm. Al hacer la comparación con los datos publicados en la bibliografía para el NaCl (constante de rejilla 564 pm) se muestra que en este experimento se trata de la difracción en los planos reticulares (200) (d = 282 pm).

Información adicional

En un registro de la reflexión de Bragg con un contador Geiger-Müller como detector, los fotones, reflejados en diferentes órdenes de difracción, son contados en conjunto. Un espectro registrado con este método es una composición de varias componentes que no pueden ser separadas tan fácilmente. En el espectro de 20° puede verse muy claramente cuan falsa es la afirmación sobre la intensidad de la radiación cuando uno toma en cuenta solamente el primer orden de difracción y se desprecia la presencia de los órdenes mayores.

Efecto Compton con rayos X



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Descripción del ensayo

Cuando los rayos X pasan a través de la materia una parte de la radiación es dispersada. Según el modelo clásico la frecuencia de la radiación no cambia. Sin embargo, en 1923 el físico americano A. H. Compton observó una disminución de la frecuencia en una parte de la radiación dispersada.

Para explicar este efecto hay que analizar todo el proceso de dispersión con las herramientas de la mecánica cuántica y considerar que los rayos X se comportan como partículas. Además, se asume que los electrones dispersados son libres, que es en cierto modo una buena aproximación para las capas electrónicas exteriores de los átomos en el rango de energía de los rayos X. Asumiendo lo anterior, en un proceso de dispersión un fotón de frecuencia ν_1, esto es, con energía $E_1 = h \cdot \nu_1$, incide sobre un electrón libre, en reposo, de masa en reposo m_0. El fotón es dispersado con un ángulo ϑ.

Compton calculó la energía E_2 de la radiación dispersada teniendo en cuenta la conservación de la energía y del impulso:

$E_2 = E_1 / (1 + E_1/m_0 \cdot c^2 \cdot (1-\cos \vartheta))$.

En este ensayo se reproduce el experimento de Compton utilizando un cuerpo dispersor de plexiglás y se realiza una comparación de los resultados con la ecuación anterior. Para el registro de los espectros se emplea el detector de energía de rayos X.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con tubo de Mo	554 801 o 554 811
1	Accesorio Compton para rayos X II	554 8371 o 554 837
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable de HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Inserte el filtro de Zr (pertenece al volumen de suministro del aparato de rayos X) en el lado de entrada del rayo del colimador circular (del volumen de suministro del accesorio Compton para rayos X II).
- Monte el colimador circular en el receptor del mismo del aparato de rayos X.
- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación de sobremesa a través del canal vacío del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Mediante el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Haga pasar el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Oprima el pulsador SENSOR y ponga manualmente el ángulo del sensor a 150° con el ajustador ADJUST, si es necesario desplace el goniómetro hacia la derecha.
- Ajuste la distancia del detector de energía al eje de giro de tal forma que la carcasa del detector para este ángulo del sensor no llegue a ocultar al rayo.
- Por último desplace el goniómetro hacia la izquierda de tal forma que la carcasa del detector no llegue a tocar al colimador circular (aprox. 8 cm de distancia entre colimador circular y eje de giro).
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador y enchufe la unidad MCA.
- Mediante el cable BNC conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X con la unidad MCA.

Preparación del ensayo

- Cargar ajustes
- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía está listo para trabajar).

Para medir con precisión los pequeños desplazamiento de energía se debe considerar que la calibración del detector de rayos X se desplaza ligeramente con altas tasas de conteo. Por esta razón es recomendable limitarse a tasas de conteo de hasta 200 /s.

Estimación de la tasa de conteo en un montaje de dispersión:

- Coloque el cuerpo dispersor de plexiglás sobre la mesa de blancos y sujételo bien.

- Oprima el pulsador TARGET y ajuste el ángulo del blanco manualmente a 20° con el ajustador giratorio ADJUST.
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Varíe lentamente el ángulo del sensor entre 150° y 30° y cada vez lea la tasa de conteo total, en la parte superior derecha de la ventana de CASSY Lab.
- Reduzca la corriente de emisión en caso de que se sobrepase significativamente la tasa de conteo total de 200 /s.

Adaptación de la tasa de conteo del rayo primario:

- Desmonte el soporte del blanco con la mesa de blancos y coloque el sensor en la posición 0°.
- Ponga el diafragma atenuador sobre el colimador circular y oriéntelo cuidadosamente (con los tornillos hacia arriba y apuntando hacia abajo).
- Reduzca la corriente de emisión a 0,1 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Busque el ángulo del sensor en pasos de 0,1° alrededor del 0°, para el que la tasa de conteo esté un poco por encima de la tasa de conteo medida en el ensayo de dispersión (en caso dado varíe ligeramente la corriente de emisión).

En caso de que no se mida una tasa de conteo o sólo sea reducida:

- Verifique la orientación del diafragma atenuador (con los tornillos hacia arriba y apuntando hacia abajo, eventualmente gire en 180°).

Realización del ensayo

En la carcasa del fotodiodo PIN de Si del detector de energía, los rayos X generan asimismo radiación fluorescente de rayos X que también es registrada. Es por ello que en el espectro primario se espera encontrar, además de las líneas K_α del Mo y K_β del Mo, la línea L_α del Au y la línea L_β del Au. Con estas líneas se puede realizar la calibración del espectro.

- Cargar ajustes
- Con **F9** registre el espectro primario (posición 0°).
- Luego en el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra la calibración de energía, seleccione **la calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de las líneas L_α del Au (9,72 keV) y K_α del Mo (17,48 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea L_α del Au (pico pequeño al lado del pico igualmente pequeño de la línea L_β del Au) e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Por último determine el centro de la línea K_α del Mo (pico mayor) e ingréselo igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.
- Retire el diafragma atenuador.
- Monte el soporte de blancos con mesa de blancos en el goniómetro.
- Ponga el cuerpo dispersor de plexiglás y sujételo.
- Ajuste la corriente de emisión I = 1,00 mA (o la corriente de emisión determinada anteriormente para estimar la tasa de conteo) y encienda la alta tensión.
- Ajuste el ángulo del blanco a 20° y el ángulo del sensor a 30°.
- Con **F9** registre un nuevo espectro (posición 30°).
- Por último con el ángulo del blanco constante registre otros espectros para los ángulos del sensor 60°, 90°, 120° y 150°.

Evaluación

La energía de la radiación dispersada se reduce a medida que el ángulo de dispersión aumenta. La intensidad de la radiación dispersada es para $\vartheta = 90°$ la más pequeña.

Para una posterior evaluación se puede hacer un zoom del área alrededor de los picos dispersados y para cada pico desplazado en energía seleccione Cálculo del centro del pico bajo Otras evaluaciones.

A partir de un ángulo de dispersión de ϑ = 90° la resolución de energía del detector alcanza para separar los picos no desplazados (dispersión elástica en electrones fuertemente enlazados) y el pico desplazado (dispersión inelástica en electrones casi libres). Para determinar el centro del pico se debe marcar sólo la región del pico desplazado en energía.

La energía y el ángulo de dispersión de cada centro de pico deben ser transferidos hacia la representación **Evaluación**. Con tal propósito arrastre el valor de la energía con el ratón (función drag & drop) desde la línea de estado hacia la tabla. El ángulo debe ser ingresado manualmente en la tabla.

Para comparar las energías medidas con las energías calculadas a partir de la conservación de la energía y la conservación del impulso, en la representación **Evaluación** se puede seleccionar el ajuste libre de la ecuación:

17,48/(1+17,48*(1-cos(x))/A)

con el valor inicial A = 511 (= constante).

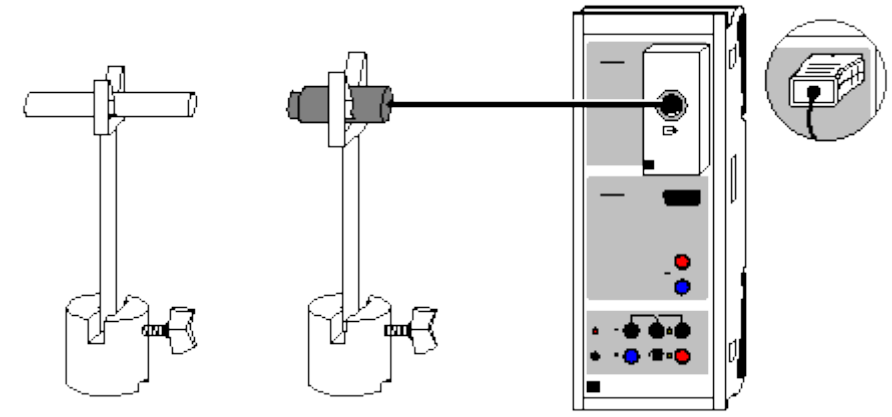
El resultado corresponde a la curva teórica con los parámetros E_1 = 17,48 keV y $m_0 \cdot c^2$ = 511 keV que concuerda muy bien con los valores medidos.

Al pasar por la materia una fracción de los rayos X es dispersada y experimenta al mismo tiempo un corrimiento de energía (Efecto Compton). Este corrimiento de energía puede ser calculado si describimos el proceso de dispersión como una colisión entre un fotón de rayos X y un electrón libre en reposo teniendo en cuenta la conservación de la energía y el impulso.

Nota

La comparación entre medición y teoría puede ser realizada alternativamente como un ajuste con el parámetro libre A (la masa en reposo del socio en la colisión con los fotones de rayos X). Como resultado se obtiene un valor para el parámetro A que en buena aproximación concuerda muy bien con la masa en reposo de un electrón libre ($m_0 \cdot c^2$ = 511 keV).

Distribución de Poisson



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El número x de decaimientos en un preparado radioactivo en un intervalo de tiempo Δt no es constante. Muchas mediciones individuales pueden ser representadas como distribuciones de frecuencia H(x) dispersos alrededor de un valor medio μ. Mediante la comparación de esta distribución de frecuencias con la distribución de Poisson se verifica que x está distribuida alrededor del valor medio μ conforme a la distribución de Poisson.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad GM	524 033
	con Tubo contador	559 01
	ó	
1	Tubo contador GM S	524 0331
1	Juego de preparados radioactivos	559 83
1	Clavija de conexión y fijación grande	591 21
1	Clavija de conexión y fijación	590 02
2	Varillas de conexión	532 16
2	Base cilíndrica	300 11
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El tubo contador debe ser conectado a la entrada A del Sensor-CASSY a través de la unidad GM. Manipule con cuidado el tubo contador y preparados.

Realización del ensayo

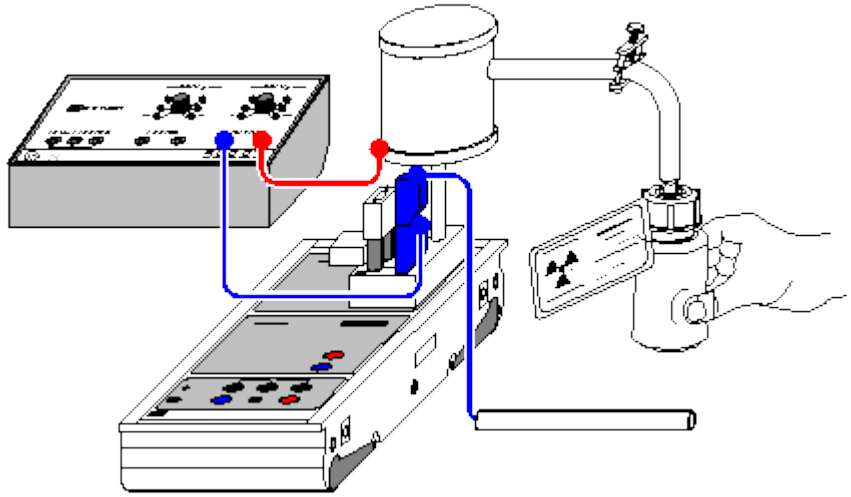
Cargar ajustes

- Eventualmente ajuste el tiempo de puerta Δt (Ajustes RA1).
- Eventualmente tiene que prefijar la medición. Para ello introduzca el número de mediciones en la condición de medición de la ventana Parámetros de medición (aparece luego de pulsar **F5**) (por ej. **n < 1000** para 1000 mediciones individuales).
- Inicie la serie de medición con **F9** y detenga el registro de la serie de medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

Para la evaluación existe la posibilidad de comparar la distribución de frecuencias medida con una distribución de Poisson. Para valores medios µ más altos la distribución de Poisson deviene en una distribución de Gauss.

Vida media del radón



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Del hecho que todos los átomos radioactivos de un isótopo decaen con la misma probabilidad, se concluye que durante el intervalo de tiempo dt siguiente, el número N de estos decaimientos de núcleos radioactivos disminuye según

$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$

donde λ es la constante de decaimiento. Para el número N resulta entonces la ley del decaimiento radioactivo

$N(t) = N(t=0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.

Esta ley establece entre otros que en el tiempo de vida media

$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

el número de núcleos radioactivos disminuye a la mitad.

Para determinar la vida media del radón 220 (Rn-220) se empalma una botella de plástico con sal de torio a una cámara de ionización y el gas noble radón que se produce es bombeado a la cámara. El radón es parte de la cadena de decaimiento del torio. El gas contiene entre otros el isótopo Rn-220, cuya vida media es de aprox. 55 s. Los tiempos de vida media de otros isótopos de radón son esencialmente diferentes de este tiempo y no se necesita considerarlos.

Se mide pues el curso temporal de la corriente de ionización, el cual es proporcional a la radioactividad del gas. Para ello la unidad Electrómetro conectada en el modo de impedancia alto sirve como instrumento de medición de corriente altamente sensible.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Electrómetro	524 054
1	Cámara de ionización	546 25
1	Recipiente con sal de torio	546 36
1	Fuente de alimentación de 450 V-	522 27
1	Resistencia STE, 10 GΩ	577 03
1	Condensador STE, 100 pF	578 22
2	Enchufes de sujeción	590 011
1	Enchufe acoplador	340 89

2	Varillas de conexión	532 16
1	Juego de 10 conectores puente	501 48
1	Cable, 50 cm, azul	500 422
1	Par de cables, 100 cm, rojo y azul	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El ensayo se monta directamente sobre la unidad Electrómetro en la entrada A del Sensor-CASSY. La cámara de ionización se conecta con el enchufe acoplador y la varilla de conexión en la hembrilla derecha superior de la unidad, las dos hembrillas superiores izquierdas quedan conectadas con un conector puente y las dos hembrillas izquierdas inferiores alojan a la resistencia de medición de 10 GΩ, el condensador de alisamiento de 100 pF (utilice los enchufes de sujeción para recibir ambos componentes).

La hembrilla de tierra restante de la unidad electrómetro sirve para poner a tierra al experimentador (durante el experimento éste sostiene en una mano una varilla de conexión conectada a masa) para minimizar su influencia sobre la medición que es muy sensible.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Eventualmente corrija el offset de la unidad Electrómetro, para ello ponga tierra la varilla de conexión de la cámara de ionización, en Ajustes UA1 seleccione **Corregir**, como primer valor teórico introduzca 0 V y luego **corrija el offset**.
- Aplique una tensión de 450 V entre la masa de la unidad Electrómetro y el cilindro de la cámara de ionización.
- Apretando varias veces el recipiente que contiene la sal de torio, cubrir la cámara de ionización con Radón 220.
- Después de una corta pausa de calma, inicie la serie de medición con **F9** (se detiene automáticamente después de 180 s).

Evaluación

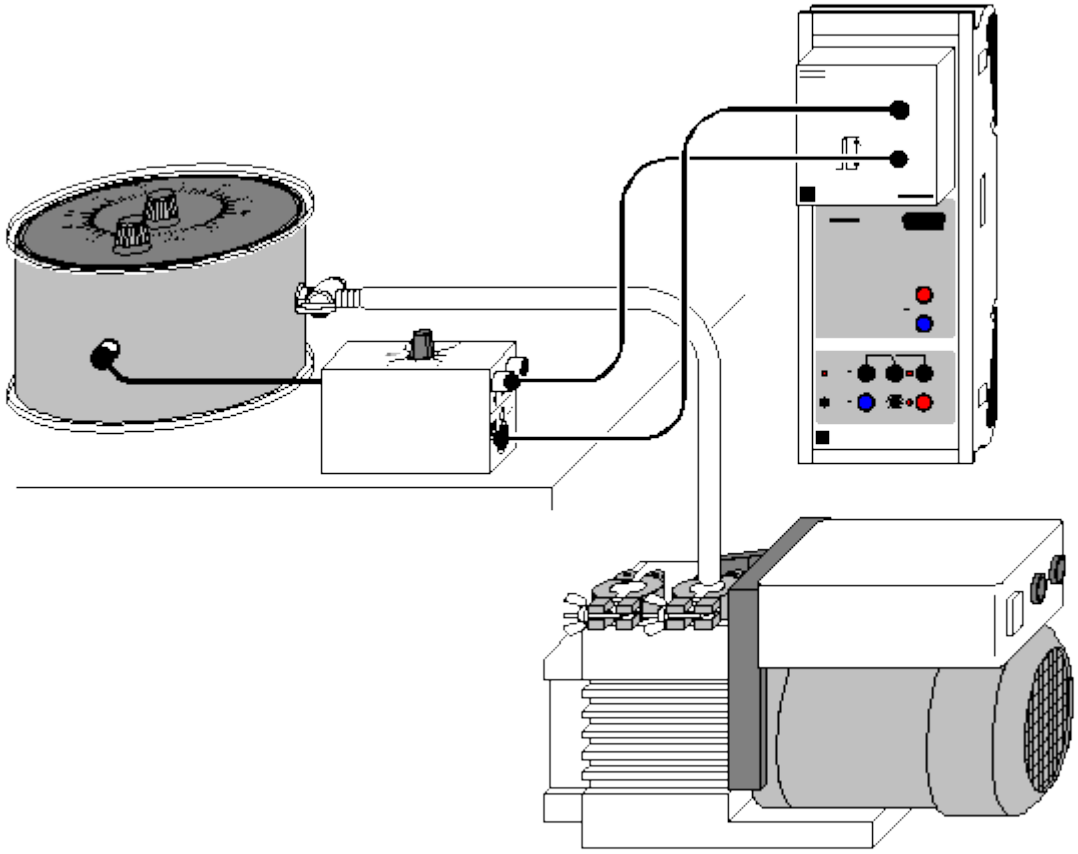
Para determinar la vida media hay varias posibilidades. Al colocar líneas horizontales de marcación y líneas verticales de marcación se puede ilustrar mejor en la gráfica la vida media y leerla directamente.

Con un ajuste exponencial de la curva I(t) se obtiene como parámetro B del ajuste el valor inverso de la constante de decaimiento λ. De aquí que la vida media $t_{1/2} = \ln 2 \cdot B = 0{,}693 \cdot B$.

Del parámetro A de un ajuste con recta de la representación logarítmica (haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre el eje Y y seleccione el logaritmo) resulta la vida media $t_{1/2} = -\log 2/A = -0{,}301/A$.

En el ejemplo se obtiene el valor de la literatura $t_{1/2} = 55{,}6$ s.

Espectroscopia α en muestras radioactivas (Am-241)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Aquí se registra el espectro α del Am-241 y una calibración de energía a partir de líneas conocidas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado de Am-241	559 82

1	Cámara de dispersión de Rutherford	559 56
1	Preamplificador discriminador	559 93
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Cable BNC, 1 m	501 02
1	Cable BNC, 0,25 m	501 01
1	Bomba rotatoria de vacío	378 73
1	Brida pequeña DN 16 KF con boquilla	378 031
1	Manguera para vacío, d = 8 mm	307 68
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Se recomienda además:

1	Osciloscopio de dos canales 303	575 211

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque el preparado y el detector en la cámara de dispersión de Rutherford. Conecte al detector con el preamplificador discriminador a través del cable BNC corto. Conecte al preamplificador discriminador con la unidad MCA. Luego conecte la bomba de vacío a la cámara de dispersión de Rutherford.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Evacue la cámara de dispersión de Rutherford
- Inicie la edición con **F9**
- Cambie la ganancia de la unidad MCA, de tal forma que el espectro llene los canales disponibles. Las ganancias típicas para este caso son de alrededor de 5.
- En mediciones con el detector de semiconductor se origina un nivel de ruido relativamente alto, que no puede ser completamente eliminado al poner a tierra el montaje. En los últimos 100 canales se produce una tasa de conteo bastante alta. Debido a la escala automática del espectro la propia línea es muy difícil de ver. Aquí se debe emplear un zoom en el diagrama. A causa de la arquitectura interna dela unidad MCA en este caso se sugiere trabajar con ganancias por debajo de 4,6.
- Después de modificar la ganancia se recomienda borrar el espectro medido con **F4**, para evitar una mezcla de espectros. La medición continua y el tiempo de medición se inician nuevamente.
- Después de que el tiempo de medición ha transcurrido la medición se detiene.

Evaluación

El isótopo Am-241 decae al Np-237 emitiendo una partícula α. Los diferentes estados excitados posibles del neptunio emiten en este caso partículas α con diferentes energía. De 100 desintegraciones 84 emiten una partícula α con 5486 keV y de 13 una partícula con 5443 keV. Esta pequeña diferencia de energía no es visible en el ensayo.

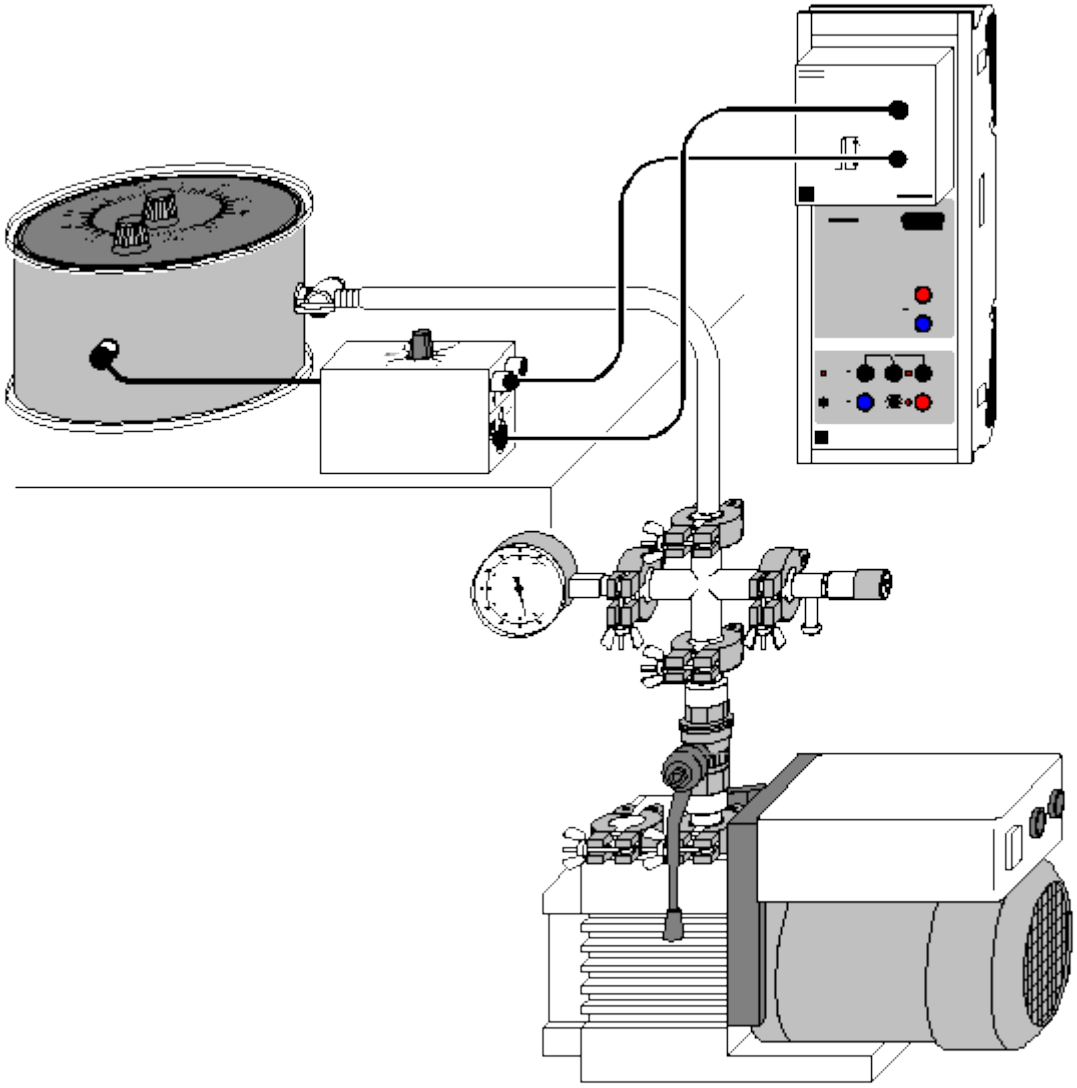
Después de la medición todavía no está calibrado. Para representar el espectro respecto a la energía hay que realzar una calibración de energía.

Nota

El detector de semiconductor es sensible a la luz, por ello se debe evitar una iluminación directa de la cámara de vacío, para que los resultados de la medición sean correctos.

El offset de la energía es muy alto debido a la cubierta del preparado. El espectro medido empieza primero para una energía de 1 a 2 MeV. Las partículas con menor energía son detenidas delante del detector.

Determinación de la pérdida de energía de la radiación α en el aire



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Aquí se mide la pérdida de energía de la radiación α de una muestra de Am-241 en función de la presión de aire en la cámara de dispersión. Se calcula también la pérdida de energía, a presión normal, en función de la distancia. Como resultado se obtiene el alcance de la radiación α en el aire.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado de Am-241	559 82
1	Cámara de dispersión de Rutherford	559 56
1	Preamplificador discriminador	559 93
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Cable BNC, 1 m	501 02
1	Cable BNC, 0,25 m	501 01
1	Bomba rotatoria de vacío	378 73
1	Brida pequeña DN 16 KF	378 031
1	Manguera para vacío, d = 8 mm	307 68
1	Pieza en cruz DN 16 KF	378 015
1	Válvula dosificadora con DN 16 KF	378 776
1	Vacuómetro de resorte	378 510
4	Anillos centrador DN 16 KF	378 045
4	Aros de apriete DN 10/16 KF	378 050
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque el preparado y el detector en la cámara de dispersión de Rutherford. Conecte al detector con el preamplificador discriminador a través del cable BNC corto. Conecte al preamplificador discriminador con la unidad MCA. Luego conecte la bomba de vacío y el vacuómetro a la cámara de dispersión de Rutherford.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Después del montaje del preparado y del detector, evacue cuidadosamente la cámara de dispersión de Rutherford.
- Después de alcanzar el vacío registre el espectro con **F9**, al mismo tiempo cambia la ganancia de tal forma que la línea del Am-241 aparece aproximadamente en la mitad del espectro.
- Calibrar la energía, véase la Nota.
- Abra la válvula de dosificación hasta que la presión en la cámara de vacío sea aprox. 300 mbar. Registre un nuevo espectro.
- Primeramente eleve la cámara de vacío en pasos de 100 mbar, a partir de 800 mbar en pequeños pasos, cada vez registre un espectro α (**F9**).

Evaluación

A partir de los espectros individuales se determina la energía de la línea α. La presión de aire se convierte a recorrido efectivo en el aire a presión normal. De la representación de energía se puede leer entonces el alcance de la radiación α a través del recorrido efectivo en el aire.

Notas

Por supuesto también es posible una medición directa del alcance en aire, sin utilizar la cámara de dispersión. Mediante la variación de la distancia se puede determinar el alcance. El montaje requiere un poco de improvisación en la fijación de los aparatos. El detector puede ser insertado directamente en el preamplificador discriminador. Este suministra claramente pulsos más altos que en la cámara de dispersión, ya que desaparece la carga causada por la capacidad del cable BNC.

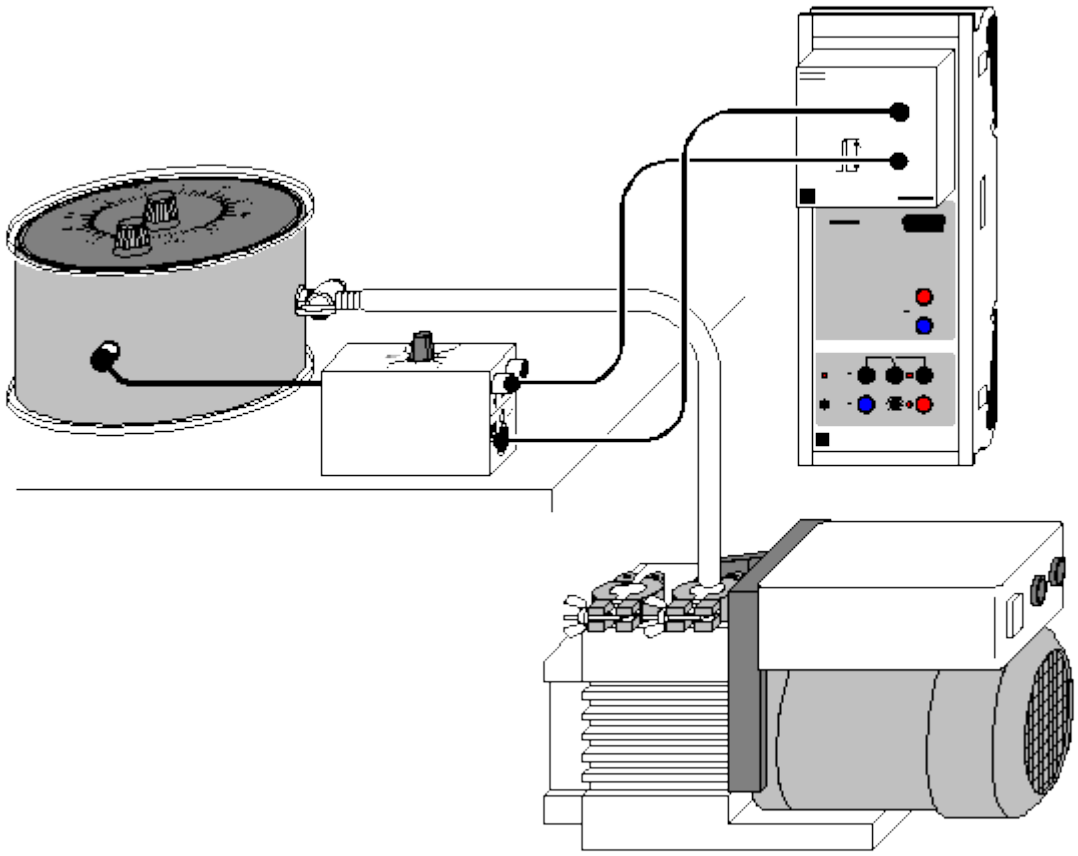
El detector de semiconductor es sensible a la luz, por ello se debe evitar una iluminación directa de la cámara de vacío, para que los resultados de la medición sean correctos.

En mediciones con el detector de semiconductor se origina un nivel relativamente alto de ruido, que no puede ser completamente eliminado al poner a tierra el montaje. En los últimos 100 canales se

produce una tasa de conteo bastante alta. Debido a la escala automática del espectro la propia línea es muy difícil de ver. Aquí se debe emplear un zoom en el diagrama. A causa de la arquitectura interna dela unidad MCA en este caso se ofrece trabajar con ganancias por debajo de 4,6.

El offset de la energía es muy alto debido a la cubierta del preparado. El espectro medido empieza primero para una energía de 1 a 2 MeV. Las partículas con menor energía son detenidas delante del detector.

Determinación de la pérdida de energía de la radiación α en aluminio y oro



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Aquí se determina la pérdida de energía de la radiación α en una lámina de aluminio u oro en función de la energía α.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200

1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado de Am-241	559 82
1	Preparado de Ra-226	559430
1	Cámara de dispersión de Rutherford	559 56
1	Lámina de aluminio en montura	559 52
1	Preamplificador discriminador	559 93
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Cable BNC, 1 m	501 02
1	Cable BNC, 0,25 m	501 01
1	Bomba rotatoria de vacío	378 73
1	Brida pequeña DN 16 KF	378 031
1	Manguera para vacío, d = 8 mm	307 68
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque el preparado, la lámina y el detector en la cámara de dispersión de Rutherford. Conecte al detector con el preamplificador discriminador a través del cable BNC corto. Conecte al preamplificador discriminador con la unidad MCA. Luego conecte la bomba de vacío a la cámara de dispersión de Rutherford.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Monte el preparado de Ra-226 y la lámina de oro en la cámara de dispersión.
- Evacue la cámara.
- Gire la lámina de oro (de 2 μm de espesor) fuera del trayecto de los rayos, registre el espectro (**F9**), al mismo tiempo ajuste la ganancia de tal forma que el espectro quede bien representado.
- Realice la calibración de la energía sobre la línea exterior del espectro (4785 keV, 7687 keV).
- Ponga la lámina de oro en el trayecto de los rayos, registre el espectro (**F9**).
- Airee la cámara, monte la lámina de aluminio de (8 μm de espesor), evacue la cámara, registre el espectro.
- Airee la cámara, monte el preparado de Am-241 y repita las mediciones con la lámina de oro y aluminio sin variar la calibración de aluminio.

Evaluación

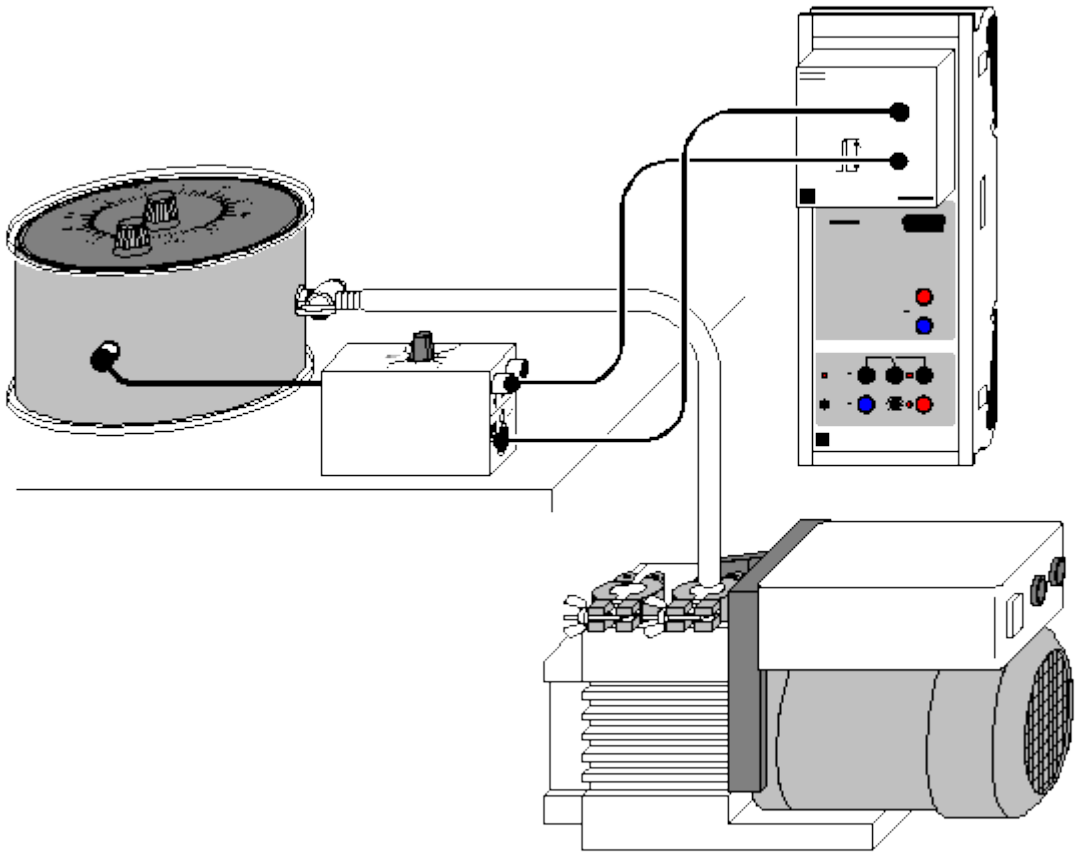
A partir de los espectros se determina las energías de las líneas. Se debe trazar la pérdida de energía por recorrido en aluminio y oro en función de la energía y compare sus resultados con los dela fórmula de Bethe-Bloch.

Nota

El detector de semiconductor es sensible a la luz, por ello se debe evitar una iluminación directa de la cámara de vacío, para que los resultados de la medición sean correctos.

El offset de la energía es muy alto, según los valores de la bibliografía, debido a la cubierta del preparado al realizar la calibración de energía. El espectro medido empieza primero para una energía de 1 a 2 MeV. Las partículas con menor energía son detenidas delante del detector.

Determinación de la edad en una muestra de Ra-226



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

En este ensayo se determina la actividad relativa de los núcleos de Ra-226 y Pb-210 en una muestra de Ra-226 y de aquí se calcula la edad de la muestra.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058

1	Preparado de Ra-226	559430
1	Cámara de dispersión de Rutherford	559 56
1	Preamplificador discriminador	559 93
1	Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m	501 16
1	Cable BNC, 1 m	501 02
1	Cable BNC, 0,25 m	501 01
1	Bomba rotatoria de vacío	378 73
1	Brida pequeña DN 16 KF	378 031
1	Manguera para vacío, d = 8 mm	307 68
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque el preparado y el detector en la cámara de dispersión de Rutherford. Conecte al detector con el preamplificador discriminador a través del cable BNC corto. Conecte al preamplificador discriminador con la unidad MCA. Luego conecte la bomba de vacío y el vacuómetro a la cámara de dispersión de Rutherford.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Monte el preparado de Ra-226 en la cámara de dispersión.
- Después de evacuar la cámara registre un espectro (**F9**).
- Cambie la ganancia de la unidad MCA, de tal forma que el espectro llene los canales disponibles. Ganancias típicas para este caso son de alrededor de 5.
- Realice la calibración de energía sobre la líneas exteriores del espectro (4785 keV, 7687 keV).

Evaluación

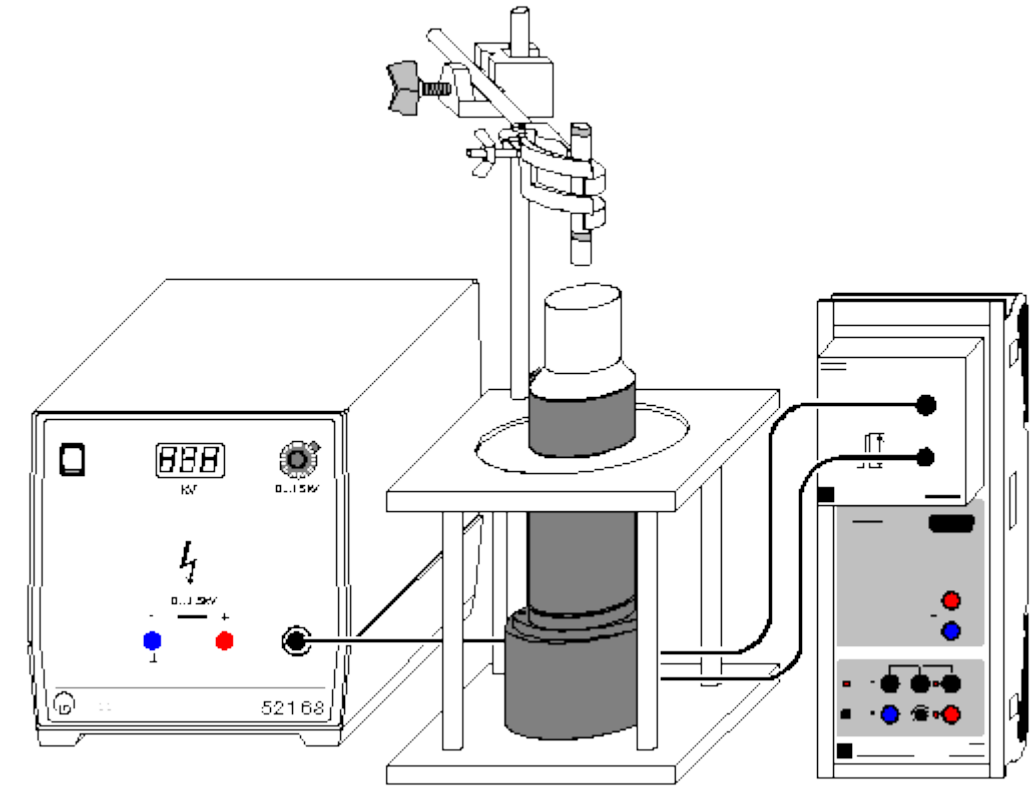
A partir de las tasas de conteo de las líneas observadas se calcula la edad del preparado. La evaluación se dificulta, debido a que las energías α del Po-210 y Rn-222 se diferencian muy poco y ambos núcleos contribuyen a un pico común (el del centro del grupo de tres). Por esta razón la tasa de conteo del Rn-222 se determina de un ajuste lineal de las tasas del Ra-226, Po-218 y Po-214. De la relación entre las tasas del Po-210 y Ra-226 se puede calcular la edad del preparado.

Nota

El detector de semiconductor es sensible a la luz, por ello se debe evitar una iluminación directa de la cámara de vacío, para que los resultados de la medición sean correctos.

El offset de la energía es muy alto, según los valores de la bibliografía, debido a la cubierta del preparado al realizar la calibración de energía. El espectro medido empieza primero para una energía de 1 a 2 MeV. Las partículas con menor energía son detenidas delante del detector.

Detección de radiación γ con un contador de centelleo (Cs-137)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

En este ensayo se registra el espectro γ del preparado mixto (Cs-137, Am-241, Sr-90) y se realiza la calibración de energía a partir de líneas conocidas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado mixto α, β, γ	559 84 o de 559 83
1	Contador de centelleo	559 901

1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Se recomienda además:

1	Osciloscopio de dos canales 303	575 211

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. El preparado respectivo debe ser colocado utilizando el material de soporte por sobre el contador de centelleo, de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros. Para que el contador de centelleo no se caiga a un lado, se recomienda utilizar el zócalo 559 891 en el montaje, en donde también puede recepcionar para la varilla de soporte.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Ponga la fuente de alimentación de alta tensión a cero y enciéndala.
- Inicie la medición con **F9**.
- No se debe contar los pulsos sin alta tensión en el contador de centelleo.
- Eleve la alta tensión hasta que para una tensión de 700-900 V el espectro llene los canales disponibles.
- Después de cada cambio de la alta tensión se recomienda borrar el espectro medido con **F4**, para evitar un mezcla de espectros. La medición continúa y el tiempo de medición empieza nuevamente.
- Después del tiempo de medición previamente definido se detiene la medición.

Evaluación

En el preparado mixto ambos isótopos Cs-137 y Am-241 emiten radiación γ, que es registrada por el contador de centelleo en el ensayo. El Am-241 emite una línea en 59,5 keV, el Cs-137 una línea en 662 keV. El espectro medido muestra más detalles entre estas dos líneas, que ocurren en el preparado y en el detector debido a la dispersión Compton.

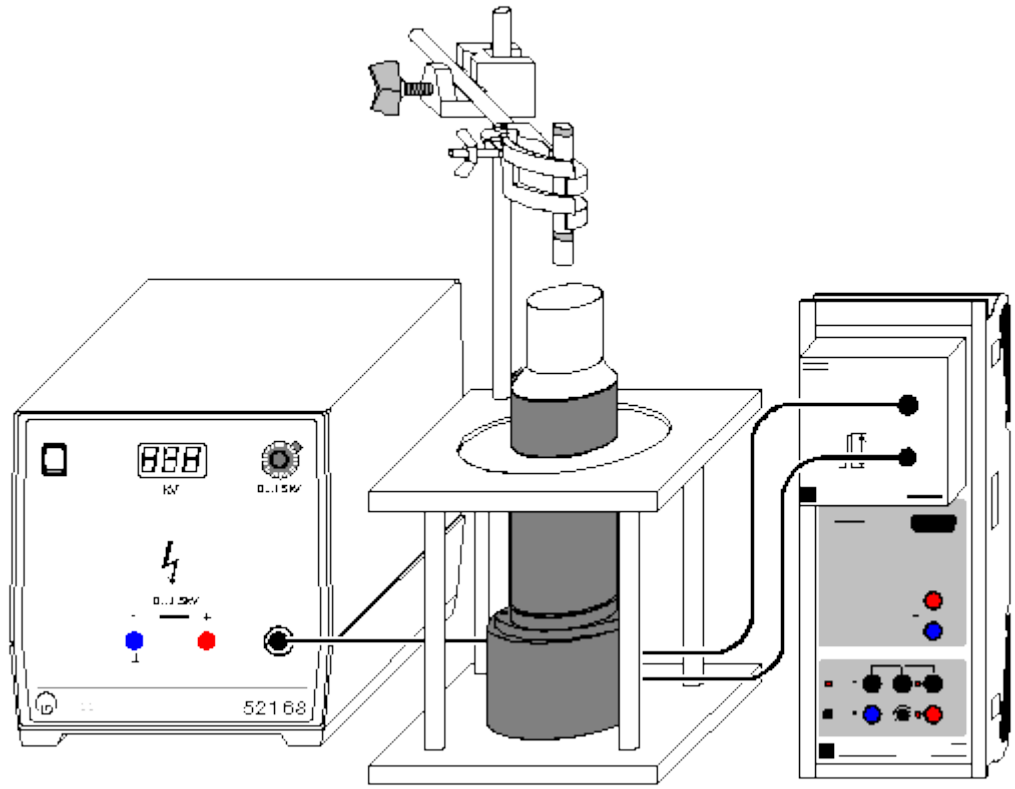
Después de la medición el espectro todavía no está calibrado. Para representar el espectro en función de la energía, se debe realizar una calibración de energía, en donde se utiliza dos conocidas líneas en el espectro (59,5 y 662 keV).

Nota

El preparado no debe estar sobre el detector durante la medición, sino separado unos pocos centímetros. Si el preparado se encuentra directamente encima, se obtiene una tasa de conteo muy alta y los pulsos individuales se suman. Debido a esta adición con el resto del pulso anterior, las líneas aparecen con energías muy altas.

El monocristal de NaI(Tl) en la punta del contador de centelleo es sensible frente a daños mecánicos. Así mismo el monocristal NaI(Tl) es sensible frente a cambios bruscos de temperatura, como por ej. al momento de desembalar después del transporte. En ambos casos se producen fisuras en el monocristal que a causa de la dispersión conducen a menoscabar la sensibilidad y sobre todo disminuyen la resolución de energía.

Registro y calibración de un espectro γ



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Aquí se mide los espectros γ de algunos preparados estándar (Cs-137, Co-60, Na-22) y luego de una calibración de energía del contador de centelleo se identifican las transiciones γ empleando los valores de la bibliografía.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Juego de preparados radioactivos	559 83

1	Contador de centelleo	559 901
1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. El preparado respectivo debe ser colocado, utilizando el material de soporte, sobre el contador de centelleo, de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros. Para que el contador de centelleo no caiga a un lado, se recomienda utilizar en el montaje el zócalo 559 891.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Registre los espectros del Co-60, Na-22 y Cs-137 uno tras otro (**F9**). Se recomienda empezar con el preparado de Co-60, ya que este emite la radiación más energética, de tal forma que la alta tensión y la ganancia debe ser ajustada apropiadamente desde el inicio.
- Para representar los espectros en función de la energía, se debe realizar una calibración de energía. Aquí se puede utilizar por ejemplo las líneas de Na-22 en 511 keV y 1275 keV.

Evaluación

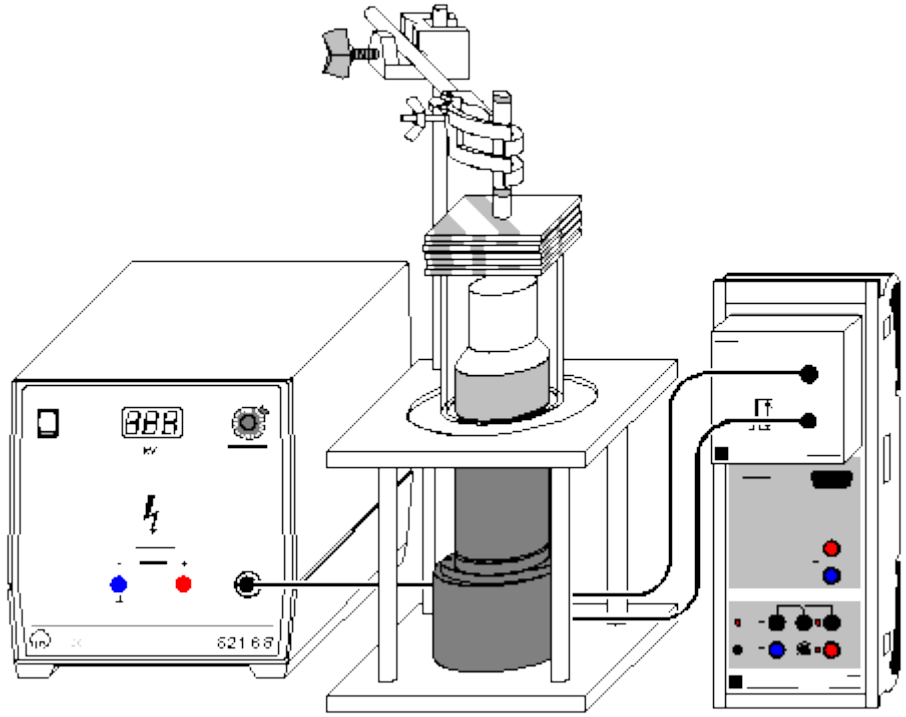
Se determinan las energías de las líneas individuales. Para ello se puede utilizar la función Ajuste con curvas gaussianas. La comparación con los valores de la bibliografía permite la identificación de los isótopos emisores.

Nota

En Internet hay algunas bases de datos con las energías conocidas de todas las sustancias radioactivas, como por ejemplo bajo http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/, que pueden ser utilizadas para la identificación de emisores.

El preparado no debe estar sobre el detector durante la medición, sino separado unos pocos centímetros. Si el preparado se encuentra directamente encima, se obtiene una tasa de conteo muy alta de tal manera que los pulsos individuales se superponen. Debido a esta adición con el resto del pulso anterior, las líneas aparecen con energías muy altas.

Absorción de radiación γ



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Se mide la intensidad de la radiación γ detrás del absorbedor en función del espesor del absorbedor. De aquí se verifica la ley de atenuación de Lambert. Se deduce el coeficiente de atenuación lineal μ y el espesor medio $d_{1/2}$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Juego de preparados radioactivos	559 83
1	Juego de absorbedor y blanco	559 94
1	Contador de centelleo	559 901

1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. Monte al contador de centelleo en el zócalo y el tubo de plexiglás alrededor de la punta del contador de centelleo. El preparado respectivo debe ser colocado sobre el contador de centelleo utilizando el material de soporte, de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros. Los absorbedores deben ser colocados sobre el tubo de plexiglás.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Fije primero el preparado de Co-60 y registre el espectro sin absorbedor (**F9**), al mismo tiempo ajuste la alta tensión de tal forma que el espectro llene justamente el rango de medición.
- Uno tras otro coloque los absorbedores (aluminio, hierro, plomo) con diferentes espesores sobre el tubo de plexiglás y registre un espectro cada vez (**F9**).
- Repita las mediciones para los preparados de Cs-137 y Am-241.

Evaluación

Determine las tasas en los espectros de las líneas respectivas, para ello utilice la función Cálculo de la integral. Las tasas de conteo se representan para todas las energías y absorbedores en función del espesor del absorbedor. De esto resulta el coeficiente de atenuación lineal μ y el espesor medio $d_{1/2}$.

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x}$$

Valores típicos de μ son:

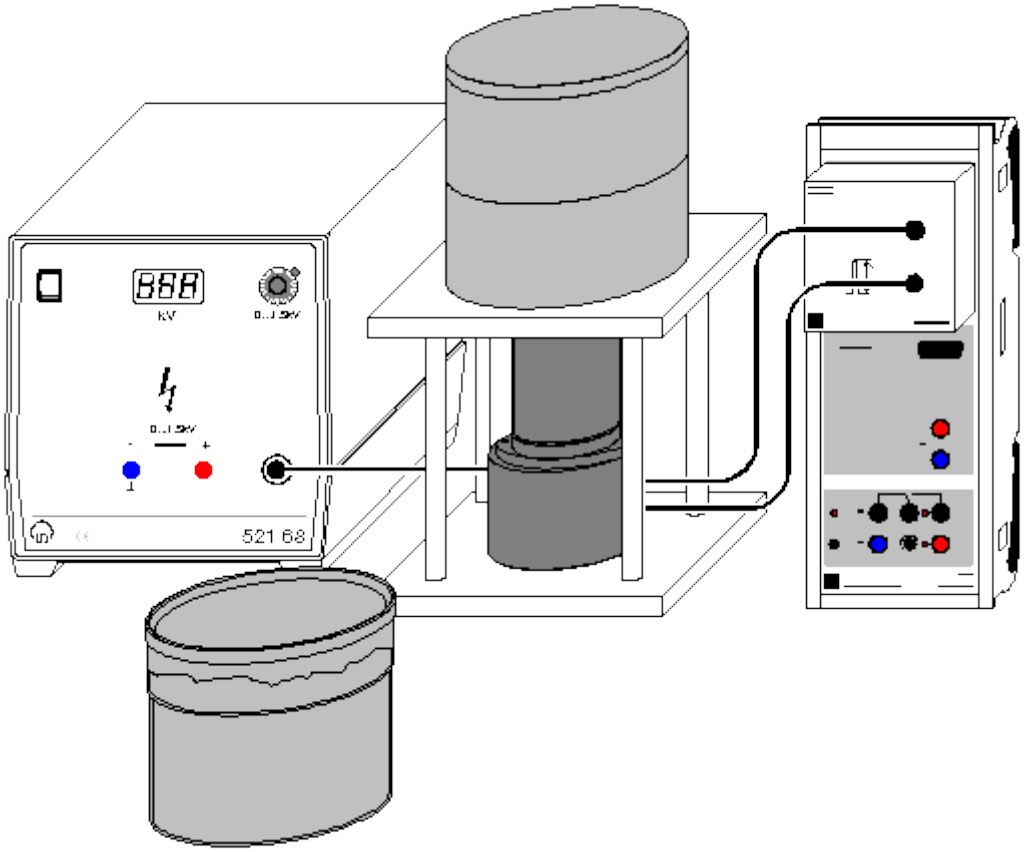
E	60 keV	662 keV	1253 keV
Al	0,51 1/cm	0,16 1/cm	0,13 1/cm
Fe	7,4 1/cm	0,43 1/cm	0,36 1/cm
Pb		0,86 1/cm	0,55 1/cm

Nota

El monocristal de NaI(Tl) en la punta del contador de centelleo es sensible frente a daños mecánicos. Tenga cuidado al colocar el absorbedor.

De otro modo se pueden producir fisuras en el monocristal, que a causa de la dispersión conducen a menoscabar la reducida sensibilidad y sobre todo disminuyen la resolución de la energía.

Identificación y determinación de la actividad de muestras radioactivas débiles



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

La probabilidad de detección del contador de centelleo se determina mediante preparados de calibración para diferentes energías γ. Se registra el espectro γ de una muestra radioactiva débil y se determina los elementos radioactivos en la muestra.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
2	Vasos de Marinelli	559 88
1	Preparado de calibración Cs-137, 5kBq	559 885
4	Cloruro de potasio, 250 g	672 5210
1	Contador de centelleo	559 901
1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Blindaje de contador de centelleo	559 89
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión y póngalo en el zócalo. Monte al contador de centelleo desde arriba del zócalo con blindaje de plomo. Coloque el preparado en el vaso de Marinelli por sobre el contador de centelleo.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Llene un vaso de Marinelli con 1 kg de cloruro de potasio y colóquelo por encima del contador de centelleo.
- Registre el espectro (**F9**), al mismo tiempo procure utilizar bien el rango de medición variando la alta tensión.
- Retire el vaso de Marinelli y coloque el preparado de calibración Cs-137.
- Registre el espectro.
- A partir de las líneas en los dos espectros, en 1460 keV y 662 keV, se puede realizar una calibración de energía.
- Retire el preparado.
- Distribuya la sustancia uniformemente en un vaso de Marinelli. Coloque a este último sobre el contador de centelleo y registre el espectro de la muestra.
- Realice la medición del cero / medición del fondo, sin preparado, con el mismo tiempo de medición que el de la muestra.

Evaluación

Para el cloruro de potasio (17 kBq/kg) y el preparado de calibración Cs-137 las actividades son conocidas (aprox. 5 kBq, véase el certificado de calibración, tenga en cuenta la vida media). De las tasas de conteo integral, por debajo de la línea en el respectivo espectro, en esta geometría, se puede determinar la probabilidad de detección del contador de centelleo en 1460 keV y 662 keV.

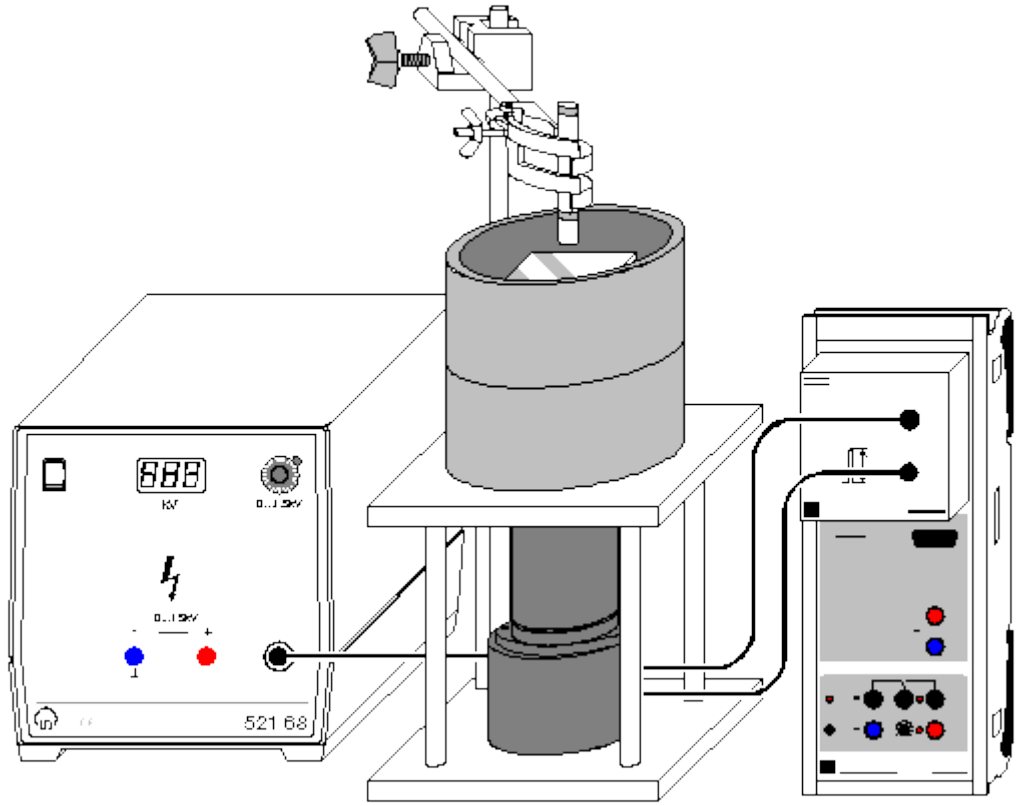
El espectro del fondo debe ser substraído del espectro de la muestra. A partir del espectro resultante y de la probabilidad de detección determinada anteriormente se puede determinar la carga radioactiva de las muestras. Por medio de las energías observadas es posible determinar el isótopo emisor en la muestra y, con la probabilidad de detección hallada, determinar también la cantidad de muestra.

Nota

El monocristal de NaI(Tl) en la punta del contador de centelleo es sensible frente a daños mecánicos. Tenga cuidado al colocar el vaso de Marinelli.

En las mediciones de muestras bastante intensas observe la indicación del tiempo muerto, en caso necesario rarifíquela.

Registro de un espectro β con un contador de centelleo



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Se registra el espectro β del Sr-90 con un contador de centelleo. Se mide la pérdida de energía por recorrido dE/dx de las partículas β en absorbedores de aluminio.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Juego de preparados radioactivos	559 83

1	Juego de absorbedores y blancos	559 94
1	Contador de centelleo	559 901
1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Blindaje de contador de centelleo	559 89
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión y póngalo en el zócalo. Monte al contador de centelleo desde arriba en el zócalo con blindaje de plomo. El tubo de plexiglás debe ser colocado dentro del blindaje de plomo por encima del contador de centelleo. El preparado debe ser colocado sobre el contador de centelleo utilizando el material de soporte, de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros. Coloque las placas absorbedoras sobre el tubo de plexiglás, tal que se encuentren entre el detector y el preparado.

Realización del ensayo

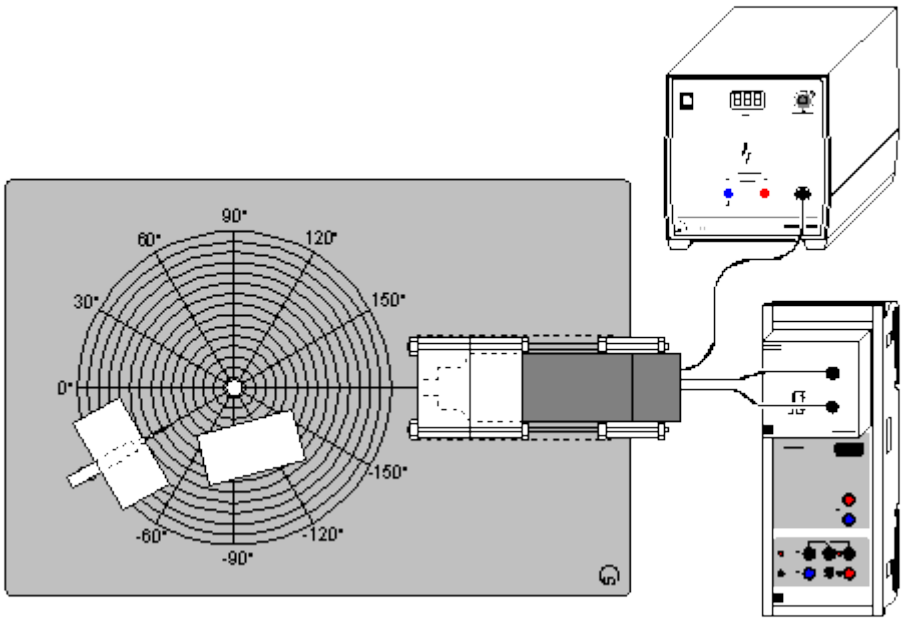
Cargar ajustes

- Monte el preparado de Sr-90 y registre el espectro (**F9**). Al mismo tiempo ajuste la alta tensión de tal manera que el espectro no sea cortado en el lado derecho.
- Para la calibración de energía coloque el preparado de Na-22 y realice la calibración del eje de energía mediante las líneas de 511 keV y 1275 keV. El espectro de Sr-90 se extiende hasta apro. 2000 keV.
- Eventualmente determine el fondo sin el preparado.
- Coloque nuevamente el preparado de Sr-90, pero tenga en cuenta que haya suficiente lugar debajo del preparado para el absorbedor.
- Uno tras otro registre los espectros primero sin absorbedor, luego con aluminio de 0,6 mm de espesor como absorbedor y después con aluminio de 1 mm a 3 mm.

Evaluación

El absorbedor de aluminio disminuye la energía máxima de los electrones que llegan al detector. A partir de los espectros de Sr-90 se determina la más alta energía, para la cual todavía se detectan electrones. Estas energías deben ser representadas en una tabla en función del espesor del absorbedor. De la pendiente de las líneas de ajuste resulta la pérdida de energía por recorrido dE/dx, aquí, unos 400 a 450 keV/mm.

Observación cuantitativa del efecto Compton



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

El contador de centelleo es calibrado en energía. Se registra la distribución energética de los cuantos γ en un dispersor de aluminio para diferentes ángulos entre la muestra y el detector. De aquí se verifica cuantitativamente el efecto Compton.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado mixto α, β, γ	559 84 o de 559 83
1	Equipo para efecto Compton	559 800
1	Preparado de Cs-137, 3,7 MBq	559 809
1	Contador de centelleo	559 901
1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68

1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. Ponga la placa de experimentación del equipo del efecto Compton y el blindaje de plomo respectivo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Primeramente calibre en energía el contador de centelleo, para ello desplace el preparado mixto en el portamuestras del equipo Compton y oriéntelo hacia la marca 0°. No coloque ningún dispersor de aluminio.
- Registre el espectro (**F9**) y mediante las líneas en 662 keV y 59,5 keV realice una calibración de energía.
- Cambie el preparado mixto por el preparado de Cs-137. Coloque el preparado en 10° y el dispersor de aluminio. Coloque el blindaje adicional en la línea visual directa entre preparado y detector.
- Registre el espectro (**F9**), luego retire el dispersor de aluminio y registre nuevamente el espectro.
- La diferencia entre ambos espectros (con y sin dispersor de aluminio) resulta el espectro dispersor.
- Repita la medición de los diferentes ángulos del preparado, cada vez un espectro con dispersor de aluminio y un espectro sin tener que substraer. Durante el montaje desplace el blindaje adicional de tal forma que la línea visual directa entre preparado y detector está bloqueada.

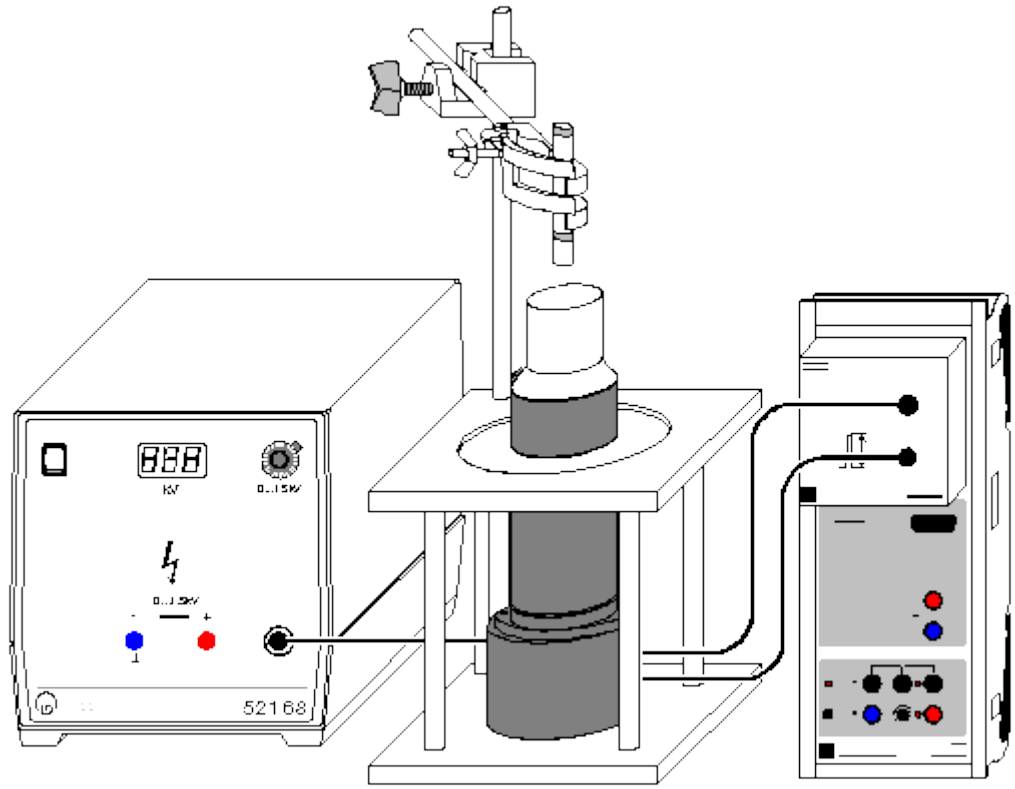
Evaluación

De los espectros de dispersión (diferencia con y sin dispersor de aluminio) se determina la energía de los cuantos γ dispersados y representadas con sus respectivos ángulos, para luego compararlas con el valor teórico

$$E_r' = E_r \Big/ \left(1 + \frac{E_r}{m_0 c^2}(1 - \cos\Theta)\right)$$

Alternativamente se puede intentar realizar un ajuste libre.

Registro del espectro γ complejo de Ra-226 y sus productos de decaimiento



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Se registra el espectro complejo del Ra-226 y sus productos de desintegración.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado mixto α, β, γ	559 84 o de 559 83
1	Preparado de Ra-226	559 430
1	Contador de centelleo	559 901

1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Blindaje de contador de centelleo	559 89
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. El preparado debe ser colocado sobre el contador de centelleo utilizando el material de soporte, de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros.

Realización del ensayo

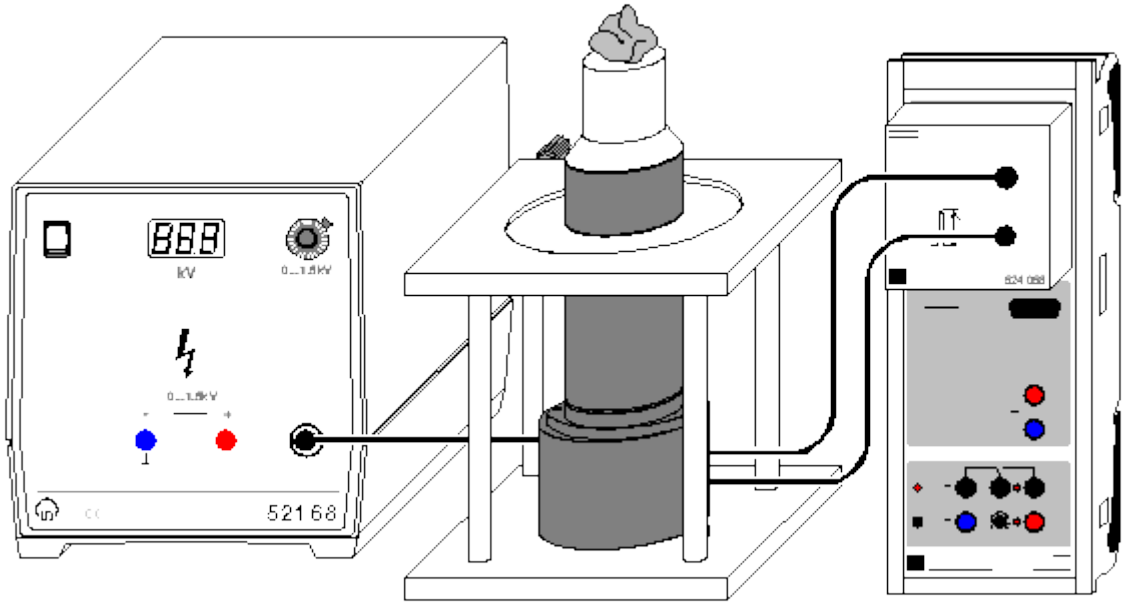
☐ Cargar ajustes

- Para la calibración de energía ponga al preparado mixto encima del detector, luego registre el espectro (**F9**) y a partir de las líneas en 662 keV y 59,5 keV calíbrelo.
- Retire el preparado mixto y coloque el preparado de Ra-226. Registre el espectro.

Evaluación

Es posible asignar las líneas medidas a los isótopos individuales de la cadena de desintegración del radio utilizando los valores de la bibliografía o también las direcciones en Internet como http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/.

Registro de un espectro γ complejo de una camiseta de alumbrado



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Se registra el espectro γ complejo del Th-232 y sus productos de desintegración. Se comprueba el uso de sustancias radioactivas en utensilios caseros antiguos.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado mixto α, β, γ	559 84 o de 559 83
1	Camiseta de alumbrado de	588 855
1	Contador de centelleo	559 901
1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Blindaje de contador de centelleo	559 89
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42

1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. El preparado debe ser colocado sobre el contador de centelleo utilizando el material de soporte o simplemente sobre el detector.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Para la calibración de energía coloque el preparado mixto sobre el detector, luego registre el espectro (**F9**) usando las líneas en 662 keV y 59,5 keV calíbrelo.
- Retire el preparado mixto y coloque la camiseta (Th-232). Registre el espectro.

Evaluación

Es posible asignar las líneas medidas a los isótopos individuales de la cadena de desintegración del torio utilizando los valores de la bibliografía o también las direcciones en Internet como http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/.

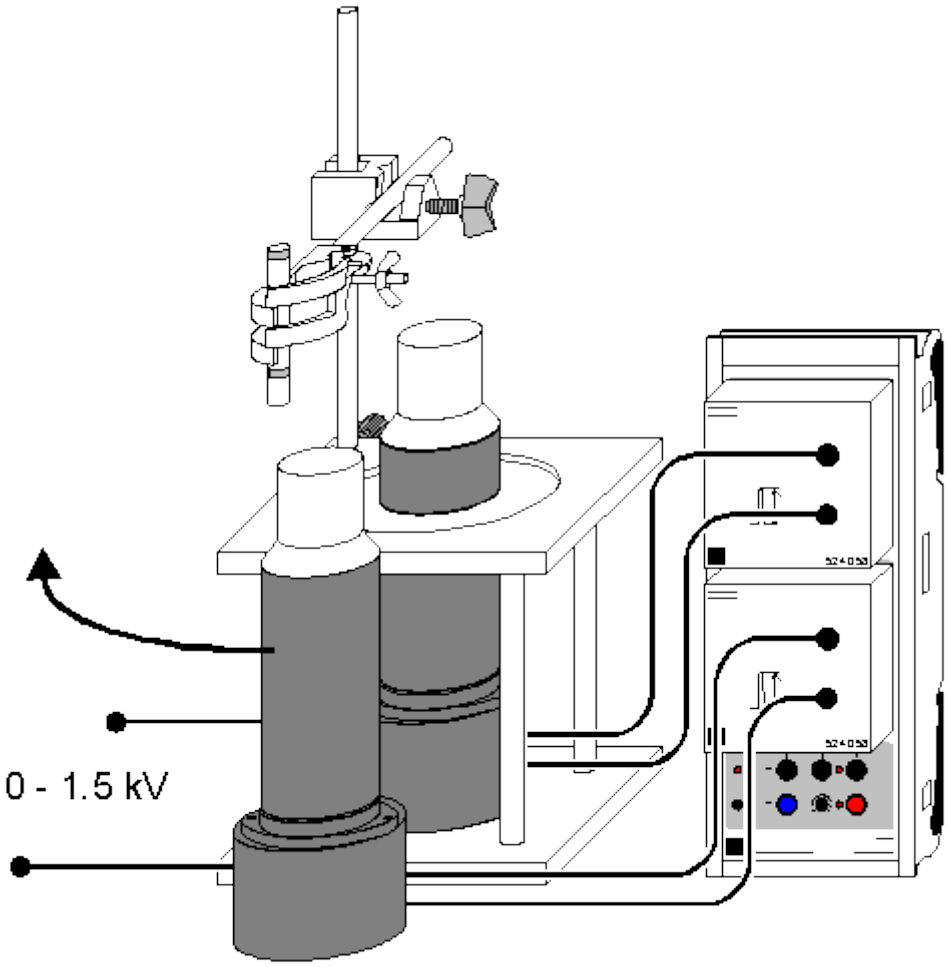
Nota

Las nuevas camisetas de alumbrado no contienen torio, sino itrio.

Con el transcurso de los primeros años cambia la intensidad de algunas líneas, ya que debe haber un equilibrio radioactivo. Especialmente la intensidad de las líneas en 338 y 911 keV (decaimiento del Ac-228 al Th-228) se comportan de manera diferente al resto de las líneas. Por ello incluso las líneas K_α son influenciadas.

Debido al polvo que puede producir evitar en lo posible una camiseta de alumbrado que ha sido encendida en una lámpara.

Coincidencia y correlación angular γ-γ en el caso de decaimiento de positrones



Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Se muestra la coincidencia espacial de los dos cuantos γ de una aniquilación electrón-positrón. La conservación de la cantidad de movimiento requiere una emisión de los cuantos en 180°, que es mostrada muy ilustrativamente. La medición selectiva de un espectro de coincidencia trae una supresión de líneas no correlacionadas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
2	Unidades MCA	524 058
1	Juego de preparados radioactivos	559 83
2	Contadores de centelleo	559 901
2	Etapas de salida de detector	559 912
2	Fuentes de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
2	Zócalos para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte las etapas de salida del contador de centelleo con las unidades MCA y la fuente de alimentación de alta tensión (las fuentes de alimentación de alta tensión). Ambas unidades MCA deben ser conectadas al mismo CASSY. El preparado debe ser colocado al lado de un contador de centelleo mediante el material de soporte, de tal forma que los dos detectores puedan moverse libremente, para poder obtener los diferentes ángulos Detector 1 – Preparado – Detector 2.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Primeramente registre con cada detector el espectro normal del Na-22. Calibre uno de los dos detectores.
- Seleccione el módulo coincidencia, al mismo tiempo mida el espectro con el detector calibrado. La ventana de coincidencia del otro detector se ajusta a la línea de 511 keV.
- Ajuste el detector movible de tal forma que el preparado se encuentre entre los detectores. Registre el espectro de coincidencia.
- Ajuste el detector movible de tal forma que éste se encuentre perpendicular a la línea de unión Preparado – el otro detector. Registre el espectro de coincidencia.
- Eventualmente registre espectros de coincidencia para ángulos intermedios.
- Fije el preparado de Cs-137 junto con el preparado de Na-22 entre los detectores. Ajuste el detector movible de tal forma que los preparados se encuentren entre los detectores. Registre el espectro de coincidencia.
- Registre el espectro normal MCA en esta disposición.
- Retire el preparado de Cs-137, ajuste la ventana de coincidencia en la línea de 1275 keV y registre un espectro de coincidencia con 180° y con 90°.

Evaluación

El espectro normal Na-se compone de una línea en 1275 keV de la radiación de aniquilación de pares en 511 keV. Los dos cuantos de 511 keV están correlacionados temporalmente y espacialmente (emisió bajo 180°), los cuantos 1275 keV están correlacionados con los cuantos 511 keV, ya que el retardo de 3,7 ps en este montaje no puede ser detectado. Espacialmente la emisión no está correlacionada.

En el espectro normal MCA las líneas son visibles; bajo 180° en coincidencia la línea 511 keV resalta claramente, ya que las otras componentes del espectro (línea 1275 keV, distribución Compton) están correlacionadas temporalmente, pero no espacialmente, y atenuadas frente a la línea 511 keV espacialmente correlacionada alrededor del ángulo espacial del segundo detector. La tasa absoluta de conteo de la línea 511 keV disminuye de acuerdo a la probabilidad de detección del segundo detector.

Si se gira al detector desde la dirección de 180°, entonces desaparece la línea 511 keV, mientras que los componentes no correlacionados espacialmente permanecen.

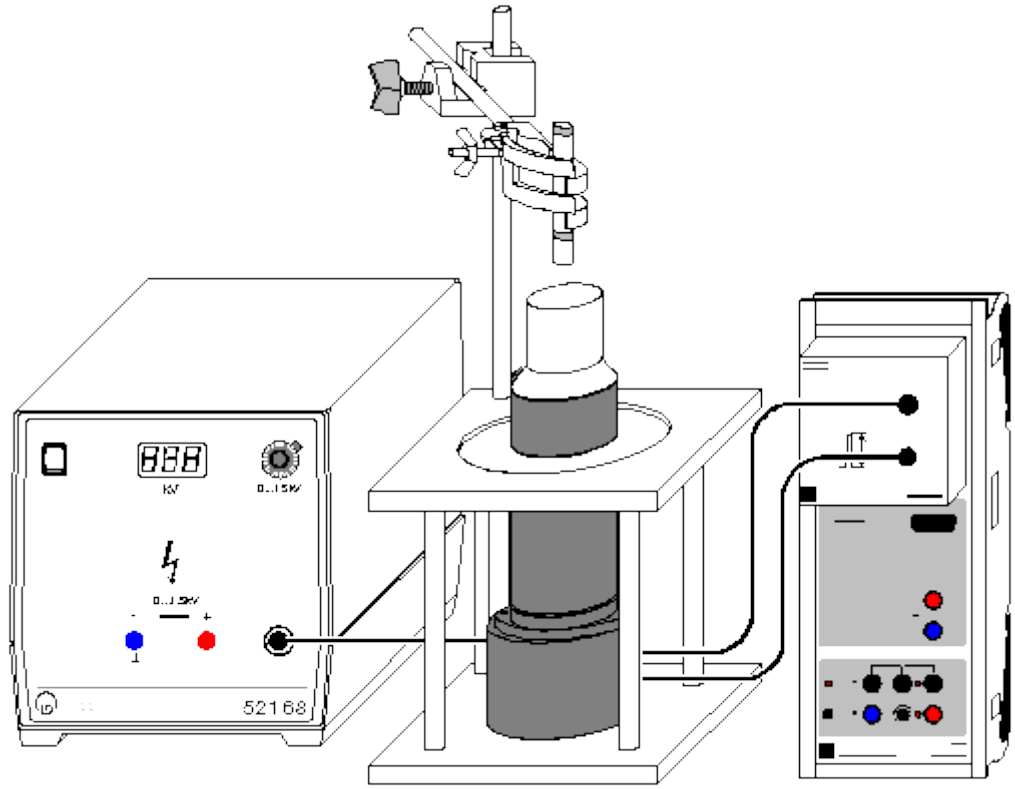
Para demostrar la supresión temporal de cuantos no correlacionados, se utiliza dos preparados simultáneamente. El Cs-137 suministra un fondo no correlacionado, el cual en coincidencia es visible sólo debido a coincidencias casuales, pero sin medición de coincidencia es claramente visible.

Las mediciones en coincidencia para la línea 1275 keV suprime la coincidencia espacial, los espectros a diferentes ángulos se ven iguales. Como sólo hay un cuanto γ de 1275 keV por decaimiento, en coincidencia tampoco hay una línea 1275 keV a observarse.

Nota

La ventana de tiempo para coincidencias está definida previamente y es de 4 µs.

Mediciones con el analizador monocanal



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Al manipular preparados radioactivos hay que tener en consideración las condiciones específicas de cada país, en la República Federal Alemana por ej. el Reglamento de protección contra la radiación (StrlSchV). Las sustancias radioactivas utilizadas en el ensayo tienen permiso de construcción, según el reglamento alemán de protección contra la radiación, para ser implementadas en el aula. Como estas sustancias generan radiación ionizante, se debe tener en cuenta las siguientes reglas de seguridad durante la manipulación de las mismas:

- Proteja al preparado para que personas **no autorizadas** no tengan acceso.
- Antes de utilizar los preparados verifique que estén **íntegros**.
- Para que estén dentro de un **blindaje** consérvelos en el recipiente de protección.
- Sacar los preparados sólo para la ejecución del experimento para garantizar un **tiempo de exposición lo más breve posible** y una **actividad lo más reducida posible**.
- Tomar al preparado sólo del extremo superior del soporte metálico para asegurar la **mayor distancia posible**.

Descripción del ensayo

Para demostrar la ventaja de tiempo en las mediciones con un analizador multicanal se realiza una medición en el modo MCA y para la comparación en un modo monocanal.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Preparado mixto α, β, γ	559 84 o de 559 83
1	Contador de centelleo	559 901

1	Etapa de salida de detector	559 912
1	Fuente de aliment. de alta tensión 1,5 kV	521 68
1	Zócalo para contador de centelleo	559 891
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
1	Mordaza múltiple de Leybold	301 01
1	Pinza universal en S, 0...80 mm	666 555
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Conecte la etapa de salida del contador de centelleo con la unidad MCA y la fuente de alimentación de alta tensión. El preparado debe ser colocado sobre el contador de centelleo utilizando el material de soporte de tal forma que se encuentre por encima del detector a unos cuantos centímetros.

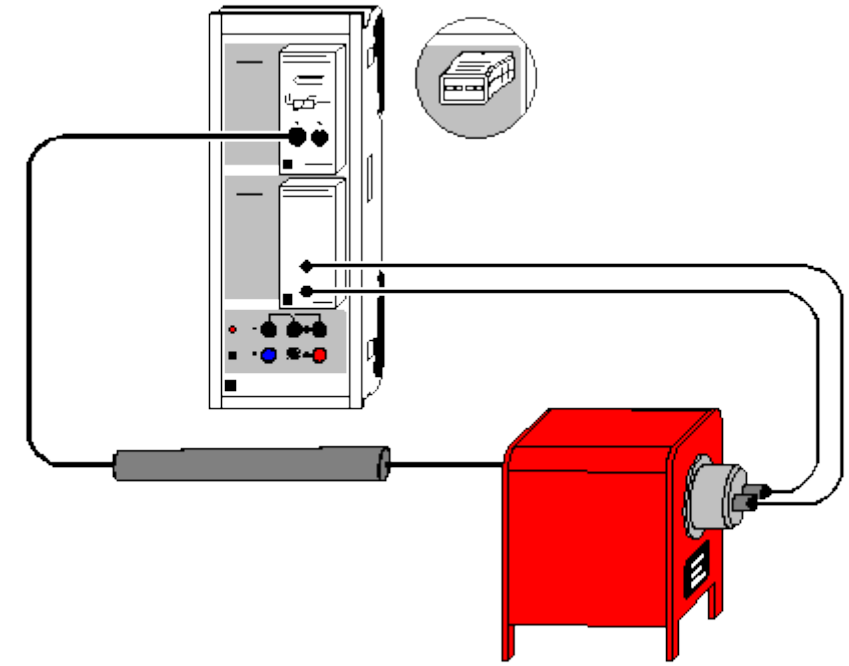
Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Inicie la medición en el modo MCA (**F9**).
- Inicie la medición en el modo monocanal pero utilizar por ejemplo el mismo tiempo total de medición, o con el mismo tiempo de medición por punto.

Evaluación

La medición paralela de todos los canales muestra claras ventajas de tiempo frente a la medición secuencial de canales individuales. Esta ventaja de tiempo se convierte, para el mismo tiempo de medición, en una ganancia en resolución o en la relación señal/ruido.

Conducción eléctrica en sólidos



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Una simple prueba para modelos de conductividad eléctrica de conductores y semiconductores es el estudio de la dependencia de la temperatura de la resistencia R. En conductores eléctricos la resistencia R aumenta cuando la temperatura aumenta, ya que los choques de los electrones casi libres de la banda de conducción con los troncos de los átomos del conductor juegan un papel muy importante. Por el contrario en semiconductores la resistencia disminuye cuando la temperatura, debido a que cada vez hay más electrones de la banda de valencia que alcanzan la banda de conducción y contribuyen a la conductividad.

En el ensayo se mide la resistencia de un metal noble y de un semiconductor en función de la temperatura. Para la resistencia de metal noble se verifica con una buena aproximación la siguiente relación

$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$ (R_0: resistencia para $\vartheta = 0$ °C)

en el rango de temperatura estudiado. Para el semiconductor en la evaluación se obtiene una dependencia de la forma

$R \sim e^{\Delta E/2kT}$ ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K: constante de Boltzmann)

con el ancho de banda prohibida ΔE.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Fuente de corriente	524 031
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 193
	o	
1	Adaptador de NiCr-Ni S	524 0673
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676

1	Resistencia de metal noble	586 80
1	Resistencia semiconductora	586 82
1	Horno tubular eléctrico, 230 V	555 81
1	Tomacorriente de seguridad	502 061
2	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La temperatura de la sonda en el horno se mide desde la unidad temperatura conectada a la entrada A del Sensor-CASSY. Aquí se debe introducir la punta de medición en el taladro situado en la parte posterior del horno, de tal manera que la punta se encuentre directamente en las cercanías del elemento resistivo. La resistencia eléctrica se registra desde la unidad Fuente de corriente en la entrada B.

Realización del ensayo

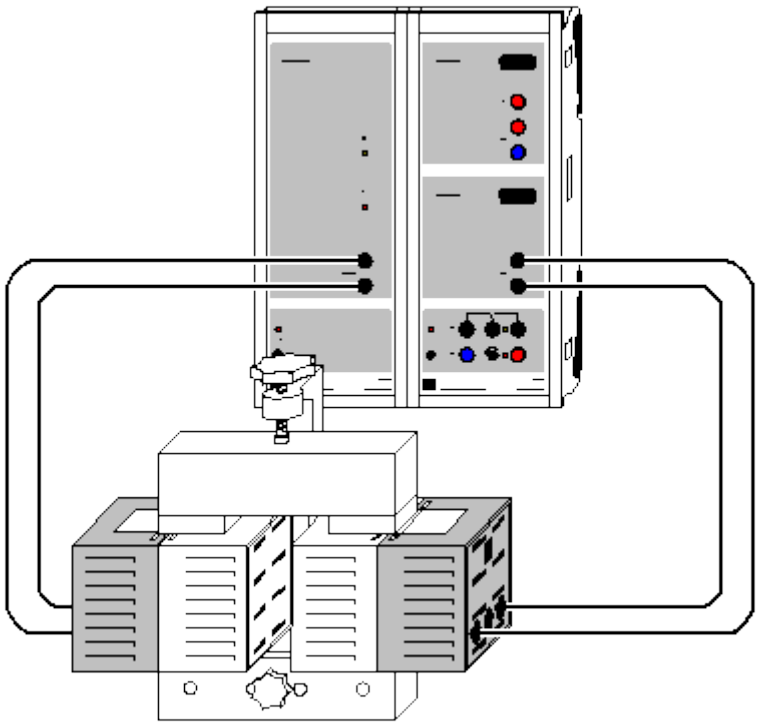
- Cargar ajustes
- Inicie la medición con **F9** (cada incremento de 5 K de temperatura se registra un par de valores).
- Encienda la calefacción del horno.
- Después de alcanzar una temperatura máxima de 470 K (aprox. 200 °C) detenga la medición con **F9**.
- Apague el horno y retire la resistencia.
- Después de que el horno se haya enfriado repita la medición con otra resistencia.

Evaluación

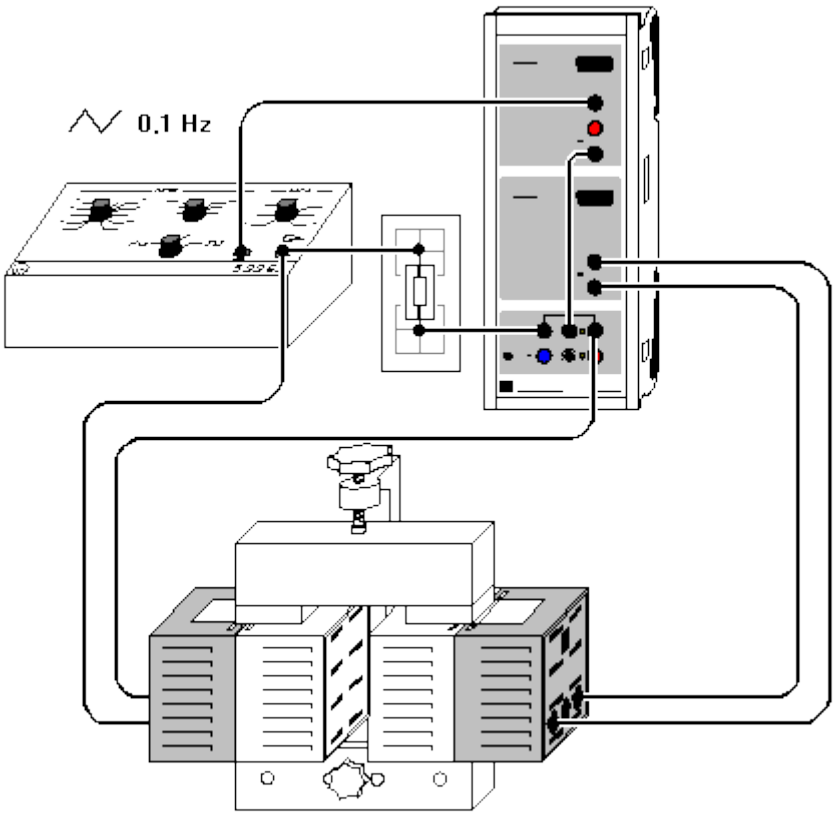
Al emplear una resistencia de metal noble (platino) se obtiene un aumento lineal de la resistencia al aumentar la temperatura. El coeficiente de temperatura α de la resistencia puede ser determinado fácilmente mediante un ajuste con una recta. En el ejemplo resulta un aumento de la resistencia de 0,407 Ω/K y una resistencia de 100 Ω para 0 °C, esto es, α = 0,00407 /K. Este resultado concuerda muy bien con el valor que se da en la literatura α = 0,00392 /K para el platino.

La resistencia semiconductora no disminuye linealmente cuando aumenta la temperatura. Un ajuste con una función exponencial en la representación 1/T (haga un clic con el ratón) confirma la relación indicada anteriormente $R \sim e^{\Delta E/2kT}$ para temperaturas T más altas. En el ejemplo para el semiconductor utilizado se obtiene $2k/\Delta E$ = 0,000368 /K, esto es: $\Delta E = 7{,}5 \cdot 10^{-20}$ J = 0,47 eV (1 eV = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J).

Histéresis de un transformador



Alternativa (sin Power-CASSY):



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En un núcleo de un transformador (material ferromagnético) el campo magnético

$H = N_1/L \cdot I$

Es proporcional a la corriente I de la bobina y la densidad efectiva de las espiras N_1/L de la bobina primaria. Pero la densidad de flujo magnético generada o inducción magnética

$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$ (con $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am)

no es proporcional a H. Mucho más que eso, alcanza un valor de saturación B_s, cuando el campo magnético aumenta H. La permeabilidad μ_r del material ferromagnético depende de la intensidad de campo magnético H y del tratamiento magnético previo del material ferromagnético. Para un material ferromagnético desmagnetizado si H=0 A/m la densidad de flujo magnético B = 0 T. Normalmente un material ferromagnético mantiene todavía una densidad de flujo magnético restante diferente de 0 T (remanencia) para H = 0 A/m.

Es por ello que la inducción magnética B se representa en una curva de histéresis en función de la intensidad magnética H que crece y cae. La curva de histéresis se diferencia de la denomina curva de la primera imantación, que empieza en el origen del sistema de coordenadas y se mide sólo para un material completamente desmagnetizado (H = 0 A/m, B = 0 T).

En el presente ejemplo no se mide directamente H y B, sino en lugar de ello se utilizan las magnitudes proporcionales: Corriente primaria $I = L/N_1 \cdot H$ y el flujo magnético $\Phi = N_2 \cdot A \cdot B$ a través de la bobina secundaria (N_2: número de espiras de la bobina secundaria; A: Sección transversal del material ferromagnético). El flujo magnético Φ se calcula como la integral de la tensión inducida U en la bobina secundaria.

Equipo requerido

1	Power-CASSY	524 011
1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
2	Bobinas con 500 espiras	562 14
4	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Alternativa (sin Power-CASSY)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Núcleo en U con yugo	562 11
1	Dispositivo de sujeción	562 12
2	Bobinas con 500 espiras	562 14
1	Generador de funciones S12	522 621
1	Resistencia STE, 1 Ω, 2 W	577 19
1	Segmento de tablero de conex.	576 71
1	Cable, 50 cm, negro	500 424
7	Cables, 100 cm, negros	500 444
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

La corriente de la bobina primaria del transformador la suministra el Power-CASSY. El flujo magnético Φ se calcula de la tensión de inducción U de la bobina secundaria que se mide en la entrada B del Sensor-CASSY.

De otro modo el experimento también puede ser ejecutado sin el Power-CASSY utilizando el generador de funciones S12. Este deberá ser ajustado a una frecuencia de 0,1 Hz, onda triangular y una amplitud de unos 2 V. Para registrar la primera curva de imantación se hace un disparo a I = 0 A. Para conseguir exactamente este instante, antes del registro de la curva la corriente se hace pasar por el relé fluyendo por una resistencia de 1 Ω.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Eventualmente corrija el offset de la tensión en la entrada B, para ello seleccione **Corregir** en Ajustes UB, introduzca como primer valor teórico 0 V y luego **Corregir offset**.
- Desmagnetice el núcleo de hierro, por ej. mediante fuertes golpes con la superficie frontal del yugo sobre ambas superficies frontales del núcleo en U.
- Inicie la medición con **F9**.
- Detenga la medición después de un periodo de la curva de histéresis o para Φ = 0 Vs (entonces ya no se necesita las desmagnetización la próxima vez) con **F9**.
- Cuando la curva de histéresis recorra el segundo y el cuarto cuadrante, es de gran ayuda un cambio de polaridad de una de las dos bobinas.
- Si durante la medición el instrumento indicador U_B se satura (indicación intermitente), aumente el rango de medición en Ajustes UB.

Evaluación

Como el área de un lazo de histéresis B(H)

$$\int B \cdot \mathrm{d}H = \frac{E}{V}$$

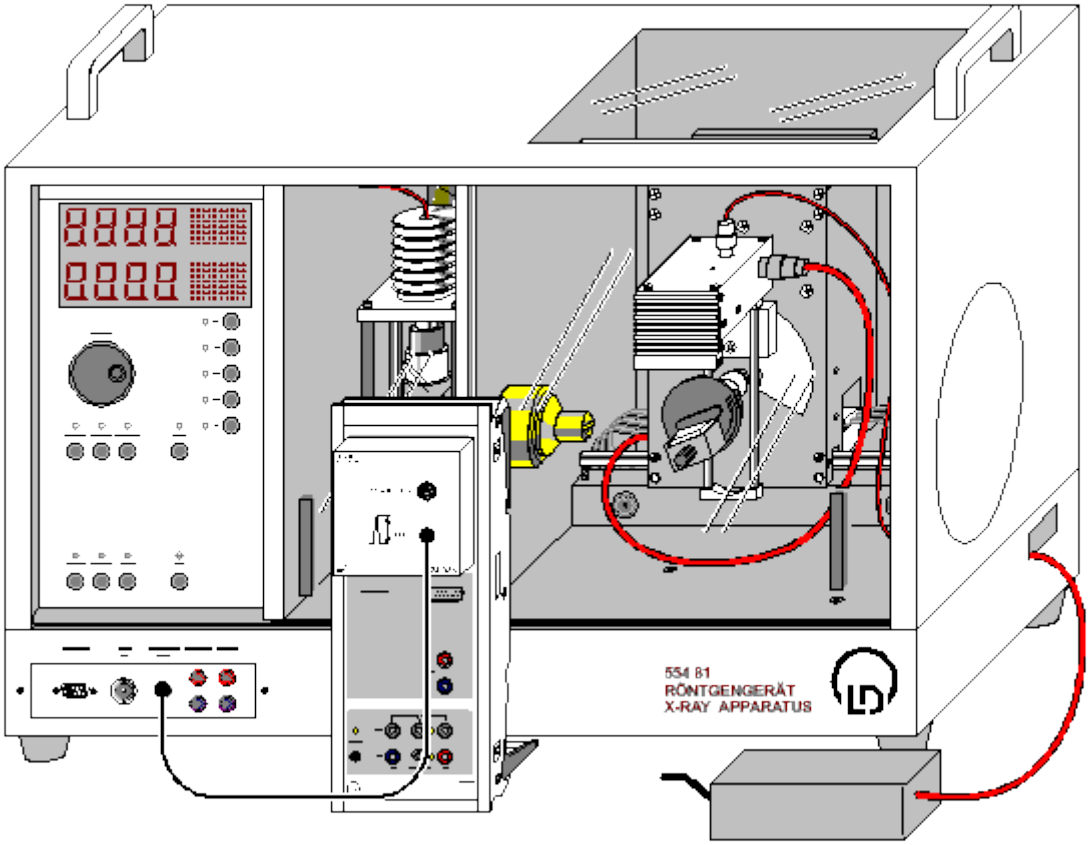
es justo la pérdida de energía E en una desmagnetización por unidad de volumen V del material desmagnetizado, el área encerrada en el diagrama Φ(I)

$$\int \Phi \cdot \mathrm{d}I = \int N_2 A B \cdot \frac{L}{N_1} \cdot \mathrm{d}H$$
$$= \frac{N_2}{N_1} V \int B \cdot \mathrm{d}H = \frac{N_2}{N_1} E$$

para N_1=N_2 resulta exactamente la pérdida de energía E para la desmagnetización.

En el diagrama se puede calcular esta pérdida de energía mediante la "integración de pico" de un lazo de histéresis.

Análisis no destructivo de compuestos químicos (Fluorescencia de rayos X)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Descripción del ensayo

Al irradiar una muestra con fotones de rayos X de alta energía la muestra emite líneas características de rayos X cuyas energías dependen del número atómico del elemento del material de la muestra.

Esta dependencia es el tema de los ejemplos de ensayo sobre la ley de Moseley (Fluorescencia de rayos X de las líneas K y Fluorescencia de rayos X de las líneas L).

Cuando la muestra representa un enlace químico o una mezcla, su espectro de fluorescencia también tiene una naturaleza compleja. Como las capas electrónicas interiores donde se lleva a cabo las transiciones, no pueden ser incluidas en el enlace químico, las líneas características son en gran parte independientes del enlace químico del elemento. De aquí que los espectros de fluorescencia de rayos X de un enlace químico sean en primera aproximación una superposición de espectros de sus componentes.

Para el análisis cualitativo de la composición química de una muestra primero se asignan a los elementos todos los picos presentes en el espectro de fluorescencia. Esto se realiza mediante la tabla de valores para las energías de las líneas características. Para la asignación se considera también un "Patrón" de cada serie espectral: así cada línea K_α debe estar presente en el espectro junto con la línea K_β con menor intensidad (aprox. 5 a 10 veces); la línea L_α aparece en compañía de la línea L_β, de similar intensidad, y de la línea L_γ, de menor intensidad.

Los enunciados sobre los porcentajes relativos de los elementos individuales en el enlace pueden hacerse a partir de las intensidades relativas de sus líneas de fluorescencia.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con tubo de Mo	554 801 o 554 811
1	Juego de blancos de aleaciones	554 848
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación por el canal del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Con el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Continúe introduciendo el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Oprima el pulsador SENSOR y ponga manualmente el ángulo del sensor a 90° con el ajustador ADJUST.
- Ajuste la distancia entre diafragma ranurado del colimador y el eje de giro, así como entre eje de giro y abertura de entrada del detector de energía, cada uno a 5 – 6 cm.
- Oprima el pulsador TARGET y ponga manualmente el ángulo del blanco a 45° con el ajustador ADJUST.
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador e inserte la unidad MCA.
- Conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X mediante un cable BNC con la unidad MCA.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía de rayos X está listo para su funcionamiento).
- Coloque el blanco de calibración (latón de acero zincado) del volumen del suministro del detector de rayos X sobre la mesa de blancos.
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Por último registre los espectros de los 4 blancos del juego de blancos de aleaciones.

Calibración de energía

La calibración de energía de los espectros se realiza en el espectro del blanco calibrador (Fe+Zn).

- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra Calibración de energía, seleccione **calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de la línea K_α del Fe (6,40 keV) y la línea K_α del Zn (8,64 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea K_α del Fe e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Luego determine el centro de la línea K_α del Zn e ingrésela igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.
- Para identificar y rotular las líneas utilice el menú de contexto del diagrama o con **Alt+X** llame la ventana **Energías de rayos X** y haga un clic sobre el símbolo del elemento **Fe**, seleccione **Aplicar**, haga un clic sobre **Zn** y cierre la ventana con **Aceptar**.

Se muestra que los cuatro picos medidos pueden ser causados por la fluorescencia de los componentes principales Fe y Zn del latón de acero zincado.

Evaluación

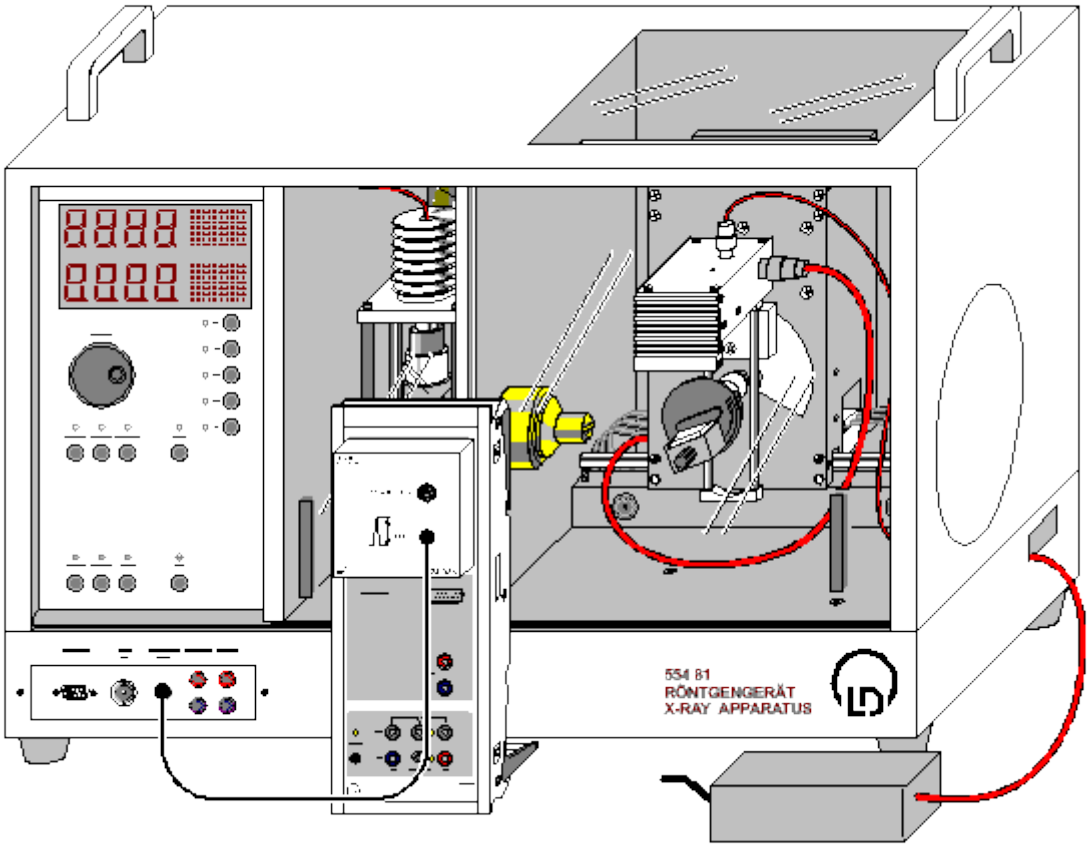
Para identificar los componentes de las aleaciones:

- Fije el espectro y la sección apropiada.
- Mediante el menú de contexto del diagrama o llamando la ventana **Energías de rayos X** con **Alt+X**, haga un clic sobre los símbolos de los elementos y con el indicador-marcador de las energías de la tabla seleccione el elemento apropiado.
- Fije el marcador con **Aplicar** y determine las otras componentes de la aleación.

Los resultados del estudio cualitativo de las aleaciones a partir de sus espectros de fluorescencia de rayos X concuerdan con la composición química conocida:

- Blanco 1: Acero inoxidable X5CrNi18-10 – contiene 72% Fe, 18% Cr, 10% Ni.
- Blanco 2: Latón CuZn36 – contiene 64% Cu, 36% Zn.
- Blanco 3: Latón CuZn39Pb3 – contiene 58% Cu, 39% Zn, 3% Pb.
- Blanco 4: Imán de praseodimio-samario-cobalto. Este imán puede contener también Fe, Cu y Zr aparte de Co, Sm, Pr. También puede aparecer las líneas K del bromo que proviene del protector contra llamas de la base de plástico.

Determinación de la composición química de una muestra de latón (Fluorescencia de rayos X)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El aparato de rayos X cumple con el reglamento que norma el tipo de construcción de equipos de rayos X para la enseñanza en escuelas y equipos de protección total y está homologado bajo la denominación BfS 05/07 V/Sch RöV o NW 807 / 97 Rö como equipo de rayos X para la enseñanza y como equipo de protección total.

La intensidad de dosis fuera del aparato de rayos X ha sido reducida a menos de 1 µSv/h gracias a los dispositivos de protección y blindaje; este valor se encuentra en el orden de magnitud de la carga radioactiva natural.

- Antes de la puesta en funcionamiento inspeccione el aparato de rayos X para verificar que se encuentra intacto y verifique que la alta tensión se desconecte al abrirse las puertas corredizas (véase las instrucciones de servicio del Aparato de rayos X).
- Asegúrese que personas no autorizadas no tengan acceso al Aparato de rayos X.

Evite el sobrecalentamiento de los ánodos en el tubo de rayos X.

- Al encender el aparato de rayos X verifique si gira el ventilador del recinto del tubo.

El goniómetro debe ser reajustado exclusivamente por medio de los motores de paso eléctricos.

- No bloquee el brazo del blanco y el brazo del sensor del goniómetro y no los reajuste a la fuerza.

Al trabajar con metales pesados o alergenos de los juegos de blancos observe las instrucciones de servicio respectivas.

Descripción del ensayo

En este experimento se realiza el análisis cuantitativo de la composición química de una muestra de latón que contiene plomo. Los componentes de esta aleación ya han sido identificados en el ensayo Análisis no destructivo de compuestos químicos.

Para calcular los porcentajes de masa se usa el hecho que la intensidad de un pico es proporcional al número de átomos n que se irradia. En el espectro de referencia este número n_0 queda determinado por la densidad de la sustancia ρ, su peso atómico A, la superficie irradiada S y el espesor efectivo d de la capa irradiada:

$n_0 = S \cdot d \cdot \rho / A$.

El número de átomos de cada tipo en la aleación puede ser expresado en primera aproximación por:

$n = n_0 \cdot H/H_0 = V \cdot \rho / A \cdot H/H_0$

donde H y H_0 son las intensidades de los picos respectivos en el espectro a analizar y en el espectro de referencia, V= S·d es el volumen irradiado. De aquí el porcentaje de masa C_i del elemento número i en la aleación es entonces:

$$C_i = \frac{n_i \cdot A_i}{\sum n_i \cdot A_i} = \frac{\rho_i \cdot \frac{H_i}{H_{0i}}}{\sum \rho_i \cdot \frac{H_i}{H_{0i}}}$$

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad MCA	524 058
1	Aparato de rayos X con tubo de Mo	554 801 o 554 811
1	Juego de blancos de aleaciones	554 848
1	Juego de blancos Fluorescencia de las líneas K	554 844
1	Juego de blancos Fluorescencia de las líneas L	554 846
1	Detector de energía de rayos X	559 938
1	Cable HF, 1 m	501 02
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Haga pasar el cable de conexión de la unidad de alimentación por el canal del aparato de rayos X y conéctelo a la hembrilla mini-DIN del detector de energía de rayos X.
- Fije el soporte del sensor con el detector de energía montado en el brazo del sensor del goniómetro.
- Con el cable BNC suministrado conecte la salida de señal del detector de energía a la hembrilla BNC SIGNAL IN del aparato de rayos X.
- Continúe introduciendo el cable de conexión hasta que el brazo del sensor pueda realizar un giro completo.
- Oprima el pulsador SENSOR y ponga manualmente el ángulo del sensor a 90° con el ajustador ADJUST.
- Ajuste la distancia entre diafragma ranurado del colimador y el eje de giro, así como entre eje de giro y abertura de entrada del detector de energía, cada uno a 5 – 6 cm.
- Oprima el pulsador TARGET y ponga manualmente el ángulo del blanco a 45° con el ajustador ADJUST.
- Conecte el Sensor-CASSY al ordenador e inserte la unidad MCA.
- Conecte la salida SIGNAL OUT del panel de conexiones del aparato de rayos X mediante un cable BNC con la unidad MCA.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes

- Conecte la unidad de alimentación de sobremesa a la red (después de aprox. 2 minutos ilumina el diodo luminoso "verde" y el detector de energía de rayos X está listo para su funcionamiento).
- Coloque el blanco 3 (latón que contiene plomo) del juego de blancos de aleaciones sobre la mesa de blancos.
- Ajuste la alta tensión del tubo U = 35 kV, la corriente de emisión I = 1,00 mA y encienda la alta tensión.
- Inicie el registro del espectro con **F9**.
- Luego registre los espectros para los blancos Cu, Zn y Pb del juego de blancos "Fluorescencia de las líneas K y L" como espectros de referencia.

Calibración de energía

La calibración de energía se realiza en los espectros de cobre y plomo (espectros de referencia).

- En el menú de contexto del diagrama (tecla derecha del ratón) o con **Alt+E** abra Calibración de energía, seleccione **calibración global de energía** e ingrese a la derecha las energías de la línea K_α del Cu (8,04 keV) y la línea L_α del Pb (10,56 keV). No cierre aún la ventana **Calibración de energía**.
- En el menú de contexto del diagrama bajo Otras evaluaciones seleccione Cálculo del centro del pico, marque la línea K_α del Cu e ingrese el resultado a la izquierda en la Calibración de energía (por ej. con la función drag & drop desde la línea de estado).
- Luego determine el centro de la línea L_α del Pb e ingrésela igualmente a la izquierda.
- Cierre la ventana **Calibración de energía**.

Evaluación

Para identificar y rotular las líneas en el espectro del latón:

- Mediante el menú de contexto del diagrama o llamando la ventana **Energías de rayos X** con **Alt+X** y haga un clic sobre el símbolo del elemento del cobre (**Cu**) y seleccione **Aplicar**.
- Luego trace las líneas del cinc (**Zn**) y plomo (**Pb**).

Se muestra que el segundo pico mayor en el espectro está compuesto de dos líneas no resueltas: Zn K_α y Cu K_β. La línea K_β del Cu está sobrepuesta en parte con la línea K_α del Zn.

El porcentaje de masa de los componentes de la aleación se calcula por comparación de intensidades de las líneas más intensas entre el espectro de fluorescencia del latón y el espectro de referencia. Estas líneas son: K_α del cobre, K_α del cinc y L_α del plomo.

Para determinar las intensidades de la línea K_α del Cu y la línea K_α del Zn el espectro de fluorescencia del latón debe desdoblarse en el rango de energía entre 7,5 keV y 9,1 keV. En este intervalo se debe ajustar el espectro con tres curvas gaussianas del mismo ancho en las energías conocidas de la línea K_α del Cu (E = 8,04 keV), la línea K_β del Cu (8,91 keV) y la línea K_α del Zn (8,64 keV). Se recomienda elegir el ajuste Gaussianas de energías predeterminadas en Otras evaluaciones. Al marcar el intervalo tenga en cuenta que todas las tres marcas de energía requeridas están contenidas en el intervalo (no marcar la línea L_l del Pb).

El resultado es un contorno ajustado del espectro de fluorescencia. Las intensidades así determinadas H deben ser tomadas de la línea de estado e ingresadas junto con las densidades ρ del Cu (ρ = 8,96 g/cm^3), Zn (ρ = 7,10 g/cm^3) y Pb (ρ = 11,34 g/cm^3) en la representación **Porcentaje de masa** (por ej. mediante la función drag & drop).

Lo mismo se cumple para las intensidades H_0 de los tres espectros de referencia. Cuando las tres densidades y seis intensidades son ingresadas, se calcula automáticamente los tres porcentajes de masa.

Los porcentajes de masa determinados de los componentes de aleación de la muestra de latón concuerdan con la composición química conocida (CuZn39Pb3).

Elemento	Conocido	Resultado experimental
Cobre	58 %	61,6 %
Cinc	39 %	35,6 %
Plomo	3 %	2,9 %

Información adicional

El ejemplo de las aleaciones de cobre-cinc (latón) muestra como la fluorescencia secundaria cambia la forma del espectro. Al irradiar tal muestra con fotones de rayos X se excitan las líneas K, tanto del cobre como también del cinc. Pero como la línea K_β del cinc (E = 9,57 keV) se encuentra sobre el canto K del cobre (E = 8,99 keV), puede excitar también "secundariamente" las líneas K del cobre.

Por ello en los rayos X emitidos por la muestra, la intensidad de las líneas del cobre se hace más intensa a costa de la línea K_β del Zn, y la relación de intensidades de las líneas K_α y K_β del Zn no concuerdan con esta relación en la muestra de cinc puro. Por esta razón la relación de masas de los componentes de la aleación determinada en las líneas K_α muestra un porcentaje un poco más alto en cobre.

Ejemplos de ensayos en Química

Los ejemplos de ensayos le ayudan a implementar CASSY Lab. Eventualmente alguno vienen acompañados con el número del ensayo. Los datos de las mediciones o los ajustes de los ejemplos pueden ser cargados directamente en CASSY Lab. Simplemente haga un clic sobre el símbolo ■ en las descripciones. Los nuevos ejemplos están marcados con un • rojo.

Química inorgánica

- Mechero de Bunsen
- C1.3.1.6a Medición del pH de alimentos
- C1.3.1.6b Medición del pH de detergentes
- C1.3.1.7 Determinación del valor pKa del ácido acético
- C1.3.1.8 Titulación del ácido fosfórico

Química analítica

- C3.1.1.2 Punto de fusión y punto de solidificación del ácido palmítico
- Sobreenfriamiento de una masa fundida de tiosulfato de sodio
- C3.1.4.5 Determinación de la masa molar mediante la disminución del punto de congelación
- Titulación de ácido clorhídrico con soda cáustica (pH y conductividad)
- C3.3.7.2 Titulación del vinagre de cocina
- Titulación del ácido acético con soda cáustica (pH y conductividad)
- Titulación automática del NH3 con NaH2PO4 (Bureta con motor)
- Titulación automática (Cuentagotas)
- C3.4.4.1 Cromatografía de gases (Separación de alcanos del gas del encendedor de bolsillo)
- C3.4.4.2 Cromatografía de gases (Separación de alcoholes)
- C3.4.4.3 Cromatografía de gases (Separación del aire)
- C3.5.2.1 Registro del espectro de una solución de clorofila en bruto (con el fotómetro espectral 667 3491)

Química física

- Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del carbonato)
- Descomposición de la urea mediante ureasas (Reacción de orden 0)
- C4.3.2.3 Hidrólisis del cloruro de butilo terciario (Determinación del orden de la reacción)
- Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del orden de la reacción)
- C4.3.2.4 Hidrólisis alcalina del éster etilacético (Determinación del orden de la reacción)
- Hidrólisis alcalina de éster etilacético (Determinación de los parámetros de activación)
- C4.4.3.5 Análisis termodiferencial del sulfato de cobre
- Preparación de una mezcla fría
- C4.4.4.5 Determinación de la entalpía de fusión del hielo
- C4.5.1.1-4 Leyes de los gases
- C4.6.1.1 Determinación de la conductividad de diferentes soluciones
- C4.6.1.4 Determinación de la conductividad límite del cloruro de sodio
- C4.6.1.5 Determinación de la constante de disociación del ácido acético

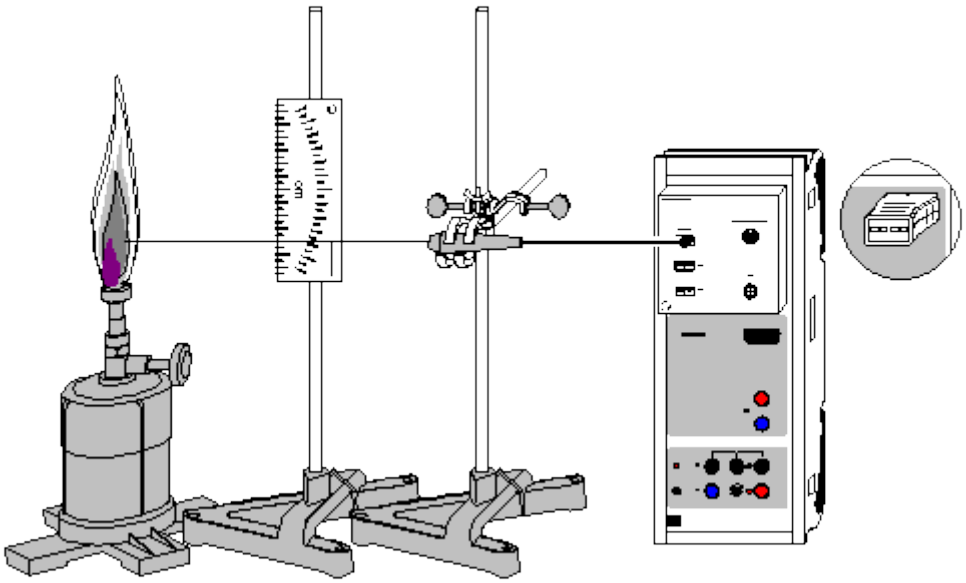
Química técnica

- C5.2.4.2 Separación de una mezcla de dos componentes en el aparato de rectificación CE2

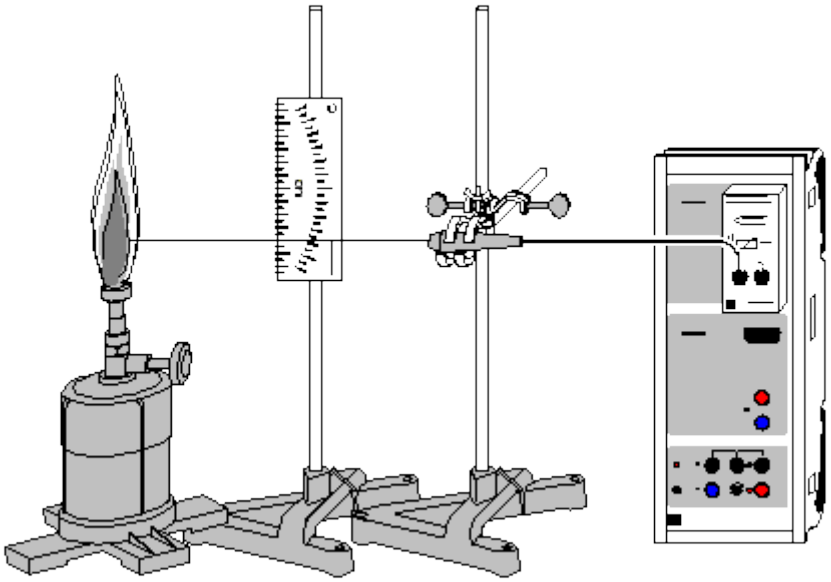
Técnica medioambiental

- Absorción de radiación UV
- C6.1.4.3 Simulación del agujero de ozono
- C6.1.4.4 Efecto invernadero del CO2

Mechero de Bunsen



Alternativamente con la unidad Temperatura:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

- Peligro de quemarse. Para que no se enciendan involuntariamente cabellos y bufanda, recójase los cabellos hacia atrás y quítese la bufanda.
- Cuando la llama se devuelve hacia el mechero por demasiada alimentación de aire, cierre inmediatamente el suministro de gas.
- Si no utiliza el mechero por algunos minutos regúlelo a llama luminosa y gire la perilla para hacerla más pequeña.
- No coloque el mechero al borde de la mesa.

Descripción del ensayo

Probablemente el mechero de Bunsen es el aparato que se utiliza con más frecuencia en un laboratorio de química. Este mechero está compuesto por un tubo quemador con suministro de aire regulable en el que puede fluir gas a través de una boquilla. Según el modelo, el suministro de aire se regula mediante una arandela atornillable o a través de una abertura ajustable. Al cerrar el suministro de aire se obtiene una llama luminosa que va desde el color amarillo hasta el naranja, con temperaturas de hasta 600 °C. Al abrir el suministro de aire, la mezcla gas-aire se quema con una llama ruidosa, azulina, no luminosa y mucho más caliente. Esta llama puede ser estudiada muy bien con una sonda de temperatura de NiCr-Ni para determinar cómo dependen los rangos de temperatura con la altura de la sonda respecto a la punta del mechero.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de NiCr-Ni S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Mechero de gas, por ej.	666 714
2	Bases de soporte, en forma de V	300 02
2	Varillas de soporte, 47 cm	300 42
1	Escala doble	340 82
1	Bloque de soporte	301 25
2	Asas de soporte fijables	314 04
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pequeña pinza	666 551
	Cerillas o encendedor	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad Temperatura)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, hem. DIN	666 193
1	Mechero de gas, por ej.	666 714
2	Bases de soporte, en forma de V	300 02
2	Varillas de soporte, 47 cm	300 42
1	Escala doble	340 82
1	Bloque de soporte	301 25
2	Asas de soporte fijables	314 04
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pequeña pinza	666 551
	Cerillos o encendedor	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte la unidad Química (o alternativamente la unidad Temperatura) a la entrada A del Sensor-CASSY y la sonda de temperatura en la entrada T_1.

Con el equipo listado anteriormente monte dos soportes: En uno de ellos monte la escala doble con el bloque de soporte y las asas de soporte, de tal forma que su borde inferior esté a la misma altura que la punta del mechero. En el otro soporte oriente la sonda de temperatura exactamente en posición horizontal usando la pinza pequeña.

Los dos soportes deben ser montados cerca del quemador de gas de manera que la punta de medición de la sonda de temperatura indique, en la escala de centímetros, la altura respecto a la punta del mechero y simultáneamente la punta exterior de la sonda de temperatura se encuentre exactamente sobre la abertura del mechero. En el montaje de los soportes tenga presente que la sonda pueda ser subida o bajada sin peligro de quemarse.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

Nota: Con las sondas de temperatura de NiCr-Ni se puede medir temperaturas hasta 1150 °C (sonda de temperatura para la unidad Química) ó 1100 °C (sonda de temperatura para la unidad Temperatura). No sobrepase estos rangos de medición.

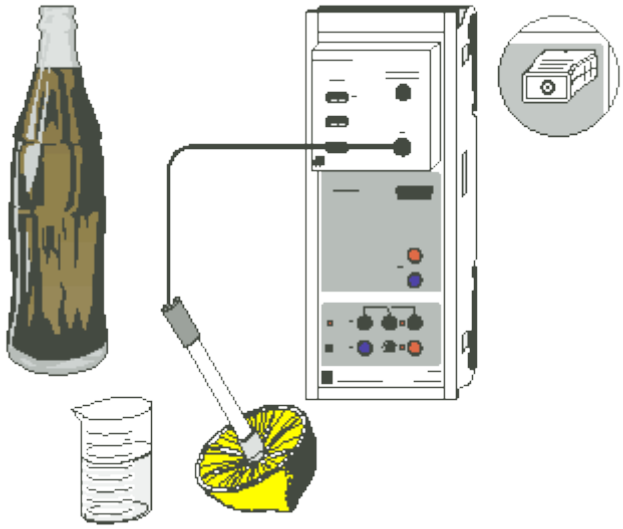
- Encienda el mechero con una llama luminosa (suministro de aire cerrado), luego abra el suministro de aire hasta obtener una llama ruidosa.
- Fije la sonda de temperatura en el extremo superior de la escala de medición. Asegúrese que la punta se encuentre exactamente en la mitad de la llama.
- Espere a que se estabilice un valor (±5 °C). Registre el valor medido con **F9** o con el botón . El valor momentáneo de la temperatura puede ser visualizado mediante el instrumento indicador (activarlo por medio del botón ϑ_{A11} del borde superior de la pantalla) con un formato grande en la pantalla para que las personas que se encuentren mas lejos puedan leer el valor que se muestra.
- Con el teclado ingrese el valor medido de la altura respecto a la punta del mechero haciendo un clic en la celda respectiva de la tabla.
- Al alcanzarse una nueva zona de color de la llama (cono exterior: azulina débil, cono interior: azul claro) márquela en el diagrama mediante la combinación de teclas **Alt+V** y luego posiciónela con el ratón con una línea vertical. Con **Alt+T** rotule la marcación con un Texto.
- Coloque la sonda de temperatura 1 cm más abajo y repita el procedimiento de la medición.
- Al alcanzar la zona de la llama de color azul claro seleccione un intervalo de medición de 0,5 cm.

Evaluación

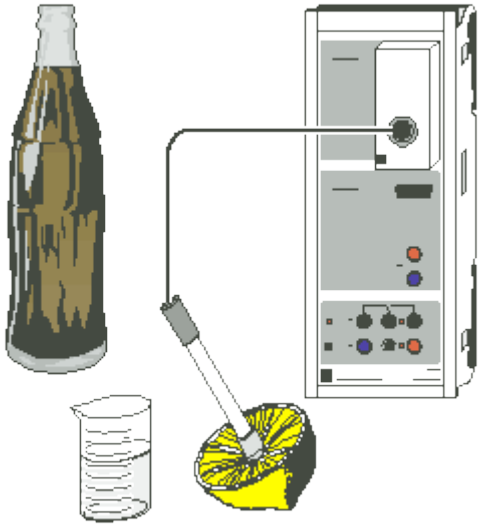
Tal como se esperaba, la temperatura es menor a alturas por encima de la llama que dentro de la llama. Sin embargo, la llama azul clara que se encuentra directamente sobre la abertura de salida produce temperaturas bastante menores que la llama débilmente azulina situada unos pocos centímetros más arriba. De aquí se puede concluir que sólo por encima de la zona de llama azul clara el gas es quemado completamente.

En los experimentos de química se puede utilizar muy bien las diferentes zonas calientes de la llama. Si se desea temperaturas más altas, se debe elegir la zona justo por encima de la llama azul clara para calentar; si se desea calentar con menos temperatura, entonces se debe mantener una distancia mayor de la punta del mechero.

Medición del pH de alimentos



Alternativamente con la unidad pH:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el presente ensayo se estudian alimentos, especialmente bebidas, específicamente sus valores pH.

El valor pH es una medida del grado de acidez o basicidad de una solución. Está definido como el logaritmo decimal negativo de la concentración de los iones H_3O^+ en una solución acuosa:

$pH = - \lg c(H_3O^+)$

La concentración de los iones H_3O^+ depende del equilibrio de autoprotólisis del agua:

$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

En soluciones diluidas este equilibrio es independiente de la concentración de las moléculas de agua; la constante de equilibrio a 25 °C es:

$K = c(H_3O^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14}\ mol^2/l^2$

La concentración de los iones ácidos y la concentración de los iones hidróxido en una solución están relacionadas mutuamente por medio del equilibrio de protólisis del agua; su producto es siempre 10^{-14} mol^2/l^2. Por esta razón las soluciones ácidas (preponderantemente iones ácidos) tienen un pH entre 0 y 7, las soluciones alcalinas (predominantemente iones hidróxidos) tienen un pH entre 7 y 14.

La medición del pH es uno de los procedimientos más importantes en el análisis químico. Se utiliza, por ejemplo, para controlar la calidad del agua, determinar la concentración de ácidos o soluciones alcalinas, monitorizar procesos de elaboración (por ej. alimentos, artículos de cuidado del cuerpo, colores y lacas) y determinar la contaminación del aire (lluvia ácida). En muchos procesos bioquímicos, por ejemplo, en la digestión, el pH juega un papel muy importante.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni (si es necesario)	529 676
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 130
1	Cuchillo de laboratorio	667 018
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 130
1	Cuchillo de laboratorio	667 018
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Agua del grifo
Alimentos / Bebidas, por ejemplo:
- Agua mineral con y sin ácido carbónico
- Agua de un calentador de agua con incrustaciones de cal
- Limonada / Cola
- Jugo de frutas
- 1 limón
- Café
- Diferentes tipos de té
- Vinagre
- Aceite de mesa
- Leche

Solución tampón de pH 4,00, por ej. 250 ml	674 4640
Solución tampón de pH 7,00, por ej. 250 ml	674 4670

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.

Opcionalmente conecte el electrodo pH de barra a la unidad pH y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.

Prepare las bebidas calientes (café, té), para que estén suficientemente frías al inicio de las mediciones. Si las soluciones todavía están calientes y si va a trabajar con la unidad Química, entonces conecte una sonda de temperatura en la entrada T_1 para compensar la temperatura y sumérjalo en la solución junto con el electrodo pH. De esta manera CASSY Lab calcula automáticamente el valor pH referido a 25 °C.

Con el cuchillo corte el limón por la parte superior y forme una depresión para que el jugo se acumule. Esta depresión debe ser lo suficientemente profunda como para que el electrodo pH quede sumergido hasta el diafragma.

Tenga en cuenta las instrucciones de servicio del electrodo pH.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agite brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad Química o la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Cargar ajustes

En la secuencia:

Agua de grifo, agua mineral, limonada / Cola, jugos, limones, té, café, leche, vinagre, aceite

mantenga el siguiente procedimiento:

- Llene el vaso de precipitados con el líquido (deje el jugo del limón en la depresión para la medición).
- Sumerja el electrodo pH hasta el diafragma, espere la indicación de un valor estable.
- Registre el valor medido con **F9** ó con el botón .
- Rotule el valor medido en el diagrama mediante la combinación de teclas **Alt+T** y escriba el nombre de la sustancia estudiada.
- Evacue la sustancia (¡no se la tome!) y enjuague bien el vaso de precipitados.

Evaluación

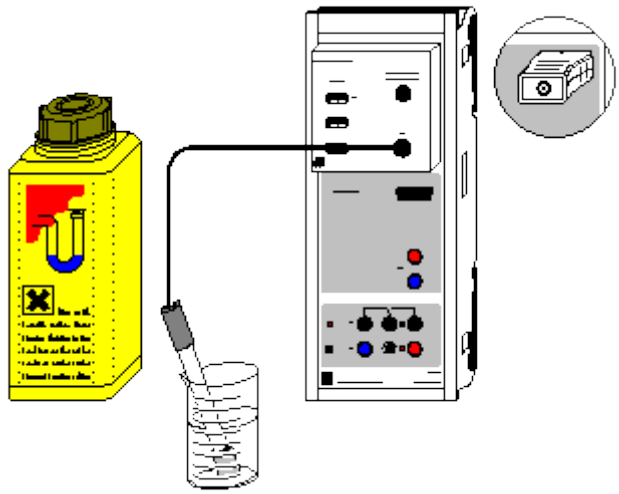
Casi todas las sustancias estudiadas tienen un pH menor que 8, esto es, se encuentran en el rango ácido hasta neutral. Las bebidas como los jugos de frutas, té de frutas y limonadas presentan propiedades claramente ácidas con un pH entre 2,5 y 4, mientras que ninguna de las sustancias estudiadas posee una fuerte alcalinidad. La solución de mayor basicidad es la sustancia con un pH de 8,9 y se produce al calentar el agua en un hervidor fuertemente calcificado; las pequeñas cantidades de carbonato de calcio que se disuelven hacen que el pH aumente aproximadamente en 2 respecto al agua del grifo.

Las bebidas que contienen frutas muestran en general y comparativamente propiedades fuertemente ácidas: Esto puede verse con claridad en los dos tipos de té estudiados en el ejemplo. En ellos, la causa principal del carácter ácido son los ácidos contenidos en las frutas: los ácidos orgánicos, como por ejemplo, los ácidos cítrico, málico y dextrotartárico. En parte estos ácidos son componentes del metabolismo del ser humano y de los animales (ciclo del ácido cítrico). El ácido carbónico (H_2CO_3) contenido en el agua mineral, comparado con las bebidas que contienen frutas, actúa de manera menos intensa en cuanto a acidez. El pequeño pH de la Cola se debe también al ácido fosfórico contenido en ella.

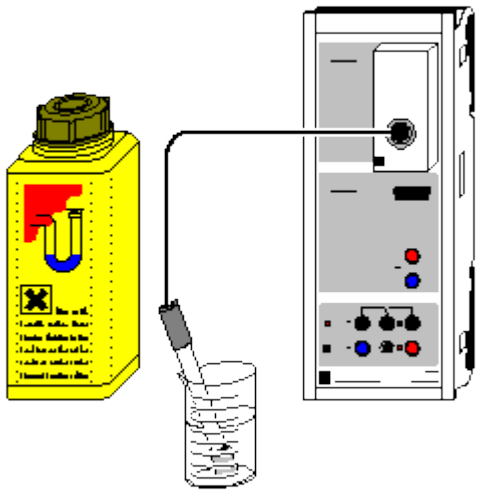
Acerca de la determinación del carácter preponderantemente ácido de los alimentos medidos se puede hablar del proceso de neutralización de un ácido o de una base: ¿Que pasaría en el estómago cuando se ingieren líquidos fuertemente alcalinos? Eventualmente se puede estudiar medicamentos prescritos para contrarrestar la acidez (maloxan, ranitidina, milanta), específicamente su función neutralizadora.

Para imprimir el diagrama elaborado pulse el símbolo de impresora situado en la barra superior de la pantalla.

Medición del pH de detergentes



Alternativamente con la unidad pH:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En el presente ensayo se estudia específicamente el pH de los detergentes. Según el campo de aplicación se analiza toda la escala pH.

El valor pH es una medida del grado de acidez o basicidad de una solución. Está definido como el logaritmo decimal negativo de la concentración de los iones H_3O^+ en una solución acuosa:

$pH = - \lg c(H_3O^+)$

La concentración de los iones H_3O^+ depende del equilibrio de autoprotólisis del agua:

$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

En soluciones diluidas este equilibrio es independiente de la concentración de las moléculas de agua; la constante de equilibrio a 25 °C es:

$K = c(H_3O^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14}\ mol^2/l^2$

La concentración de los iones ácidos y la concentración de los iones hidróxido en una solución están relacionadas mutuamente por medio del equilibrio de protólisis del agua; su producto es siempre 10^{-14}

mol^2/l^2. Por esta razón las soluciones ácidas (preponderantemente iones ácidos) tienen un pH entre 0 y 7, las soluciones alcalinas (predominantemente iones hidróxidos) tienen un pH entre 7 y 14.

La medición del pH es uno de los procedimientos más importantes en el análisis químico. Se utiliza, por ejemplo, para controlar la calidad del agua, determinar la concentración de ácidos o soluciones alcalinas, monitorizar procesos de elaboración (por ej. alimentos, artículos de cuidado del cuerpo, colores y lacas) y determinar la contaminación del aire (lluvia ácida). En muchos procesos bioquímicos el pH juega un papel muy importante, por ejemplo, en la digestión.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma baja	664 137
1	Cuchillo de laboratorio	667 018
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo de barra pH	667 424
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma baja	664 137
1	Cuchillo de laboratorio	667 018
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Agua del grifo	
Detergente, por ej.:	
Detergente de vajilla	
Limpiador acético	
Limpiasumidero	
como limpiador no contaminante al medioambiente	
para comparar:	
Vinagre de mesa	
1 limón	
Solución tampón de pH 4,00, por ej. 250 ml	674 4640
Solución tampón de pH 7,00, por ej. 250 ml	674 4670

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.

Opcionalmente conecte el electrodo pH de barra a la unidad pH y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.

Con el cuchillo corte el limón por la parte superior y forme una depresión para que el jugo se acumule. Esta depresión debe ser lo suficientemente profunda como para que el electrodo pH quede sumergido hasta el diafragma.

Tenga en cuenta las instrucciones de servicio del electrodo pH.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agite brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.

- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad Química o la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

Cargar los ajustes calibrados

Para todos los detergentes estudiados mantenga el siguiente procedimiento:

- Tomando en consideración las instrucciones de seguridad y las prescripciones de dosificación indicadas en el envase del detergente (convertidas al volumen del vaso de precipitados de 100 ml) prepare la solución a estudiar en el vaso de precipitados. En el caso de detergentes que se aplican sin diluir llene lo menos posible (aprox. 30 ml) en el vaso de precipitados.
- Para la medición deje el jugo del limón en la depresión.
- Sumerja en la solución el electrodo pH hasta el diafragma y espere la indicación de un valor estable.
- Registre el valor medido con **F9** ó el botón .
- Rotule el valor medido en el diagrama mediante la combinación de teclas **Alt+T** y escriba el nombre de la sustancia estudiada.
- Evacue la sustancia y enjuague bien el vaso de precipitados con agua del grifo.

Evaluación

Según el campo de aplicación, en los detergentes se presentan todos los rangos de pH, desde una fuerte acidez hasta una fuerte alcalinidad.

Sobre todo disolventes de cal y limpiadores de baños poseen un pH relativamente bajo. Éstos pueden alcanzar valores de pH que corresponden al ácido clorhídrico con una concentración de aprox. 0,3 mol/l. Esto se debe a la reacción del $CaCO_3$ con ácidos que disuelven la cal y que es aprovechada en los limpiadores de este tipo:

$$CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \xrightarrow[aq.]{} Ca^{2+} + CO_2 \uparrow + 3H_2O$$

Debido al carácter ácido parcialmente fuerte de estos detergentes se debe seguir la instrucción de portar guantes protectores, tal como se indica en el envase.

El limpiador cítrico no contaminante no disuelve el $CaCO_3$ por la reacción ácida del ácido cítrico, sino por que el ácido cítrico forma, con los iones de calcio de la cal, un complejo muy soluble al agua. De esta manera se puede evitar el bajo valor del pH de otros detergentes.

Como los jabones líquidos con cierta basicidad actúan también de manera negativa sobre la piel, en la actualidad los detergentes de vajilla contienen predominantemente agentes tensioactivos (surfactivos) neutrales que disuelven grasas y aceites en lugar de los jabones alcalinos. Esto se muestra en los detergentes de vajilla con pH neutrales estudiados. Sin embargo, como la superficie de la piel humana es levemente ácida (pH 5,5 aprox.), el lavado de la vajilla con estos detergentes sigue siendo una carga reducida para la piel, aunque en menor cantidad.

En el lado fuertemente alcalino de los detergentes tenemos sobre todo a los limpiatubos que pueden disolver eficazmente depósitos de grasa y pelos, en lugares donde no se puede hacer una limpieza mecánica. Estos limpiatubos contienen una alta concentración de hidróxido de sodio (NaOH) y frecuentemente se les añade hipoclorito como medio de oxidación, por ej. NaOCl. Los limpiatubos con hipoclorito no deben entrar en contacto con otros limpiadores, ya que al añadir ácidos se produce gas cloro corrosivo proveniente del NaOCl y del cloruro sódico contenido en los limpiatubos:

$$NaOCl + NaCl + 2\,H_3O^+ \rightarrow 2\,Na^+ + 3\,H_2O + Cl_2 \uparrow$$

Cuando se utiliza el electrodo pH común, el pH fuertemente alcalino medido del limpiatubos viene acompañado del denominado error alcalino. Los electrodos para gas indican un valor menor que el real a partir de valores pH de aprox. 12; por ello se debe asumir que realmente el limpiatubos analizado es todavía más básico.

Desde hace algunos años existe una alternativa: los limpiadores biológicos casi neutrales basados en enzimas. El limpiador estudiado en el ejemplo debe ser capaz de descomponer grasas con enzimas; esto se consigue en condiciones casi neutrales, por lo que las aguas residuales, por supuesto, quedan menos contaminadas.

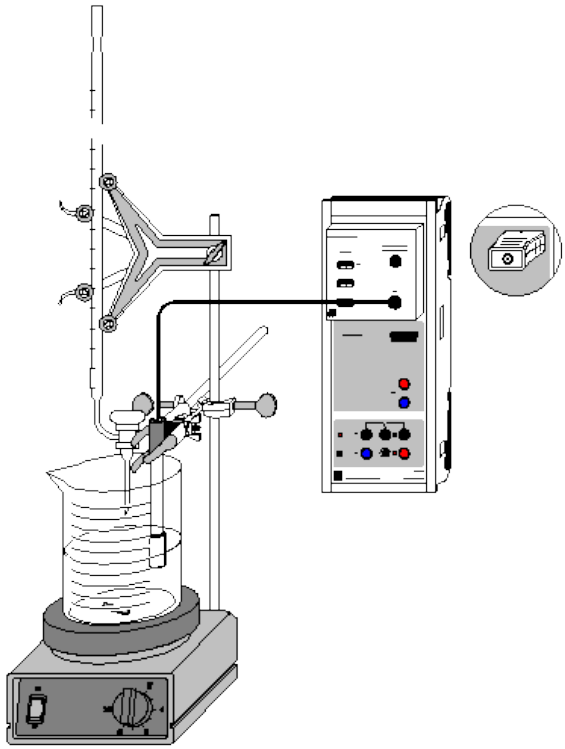
El diagrama producido puede ser impreso pulsando el símbolo de impresión de la barra superior de la pantalla.

Otros posibles ensayos

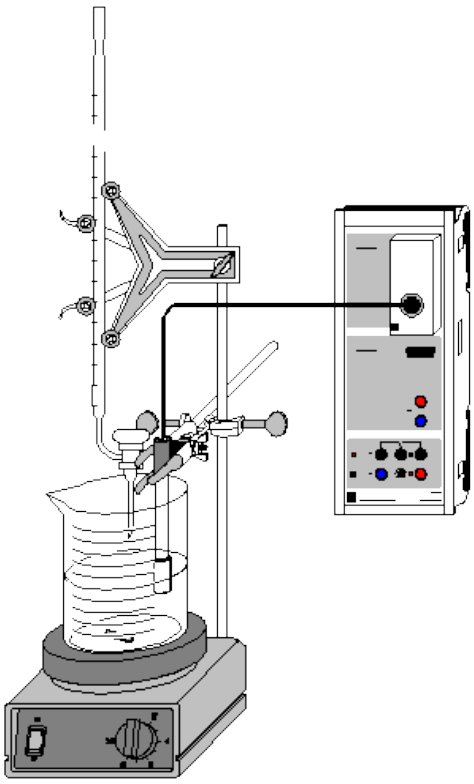
El estudio del pH puede ser extendido a otras sustancias de la vida cotidiana.

- Con un electrodo punzante provisto de una membrana cónica se puede estudiar adicionalmente pedazos de jabón sólido o cremas.
- Podría ser interesante determinar el pH de la piel humana con un electrodo de membrana plana, antes y después del lavado con jabón, para evaluar las sustancias relacionándolo con la tolerancia de la piel.

Determinación del valor pK_a del ácido acético



Alternativamente con la unidad pH:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Nota de peligro

Los ácidos y las bases son corrosivos. Porte gafas protectoras y guantes a prueba de ácidos.

Descripción del ensayo

El valor pK_a es una medida de cuan moderadamente fuerte o débil es un ácido. Este parámetro se determina a partir de su curva de titulación con una base fuerte. Si para los ácidos se asume la ecuación de disociación:

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

entonces, para el punto de semiequivalencia (en el que la mitad del ácido reacciona con la base) se cumple:

$[A^-] = [HA]$.

A partir de la ecuación de equilibrio

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

se obtiene

$$pK_a = pH$$.

Después de determinar el punto de equivalencia y el punto de semiequivalencia de la titulación se puede leer fácilmente el valor pK_a.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 25 ml	665 845
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 25 ml	665 845
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Ácido acético, c = 0,1 mol/l	por ej. 500 ml: 671 9560
Soda cáustica, c = 0,1 mol/l	por ej. 500 ml: 673 8410
Solución tampón de pH 4,00	por ej. 250 ml: 674 4640
Solución tampón de pH 7,00	por ej. 250 ml: 674 4670
Agua destilada	

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH de barra a la unidad pH y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC.

Con el material de soporte, el agitador magnético, el vaso de precipitados y la bureta monte un aparato de titulación. En el vaso de precipitados ponga aproximadamente 100 ml de agua destilada y con la pipeta agregue exactamente 10 ml 0,1 molar de ácido acético; llene la bureta con 0,1 molar de soda cáustica hasta la marca del cero usando el embudo.

Regule la altura del montaje del electrodo pH de tal manera que el diafragma de medición esté sumergido completamente en el líquido y sin que la membrana de vidrio sea dañada por la barrita agitadora en movimiento. Para visualizar con claridad el punto de equivalencia se debe añadir algunas gotas de solución de fenoltaleína como indicador.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione el botón **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Si se desea intervalos de volúmenes diferentes a 0,2 ml, entonces cambie el predeterminado en Ajustes V en el campo Fórmula e ingrese por ej. "0,5*n-0,5" para intervalos de 0,5 ml.
- Obtenga el primer dato con la tecla **F9** o el botón .
- Deje gotear la soda cáustica lenta y continuamente y registre el valor pH con **F9** en intervalos de 0,2 ml.

Evaluación

En el punto de equivalencia ($V = V_{eq}$) el ácido acético ha reaccionado completamente con la soda cáustica:

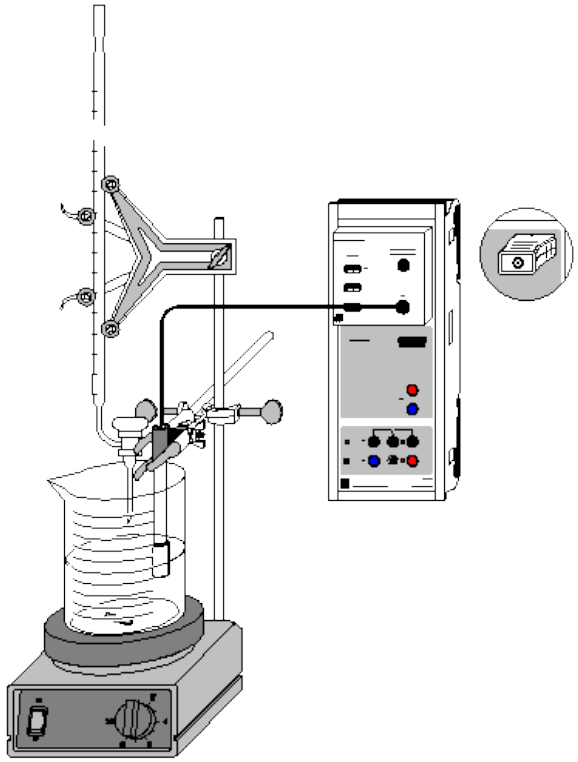
$HAc + NaOH \longrightarrow Na^+ + Ac^- + H_2O$

Para determinar el punto exacto de equivalencia con CASSY Lab haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama y para obtener gráficamente el punto de equivalencia seleccione **Determinar punto de equivalencia** de **Otras evaluaciones** luego de marcar la porción de curva. El valor pK_a queda determinado por el punto de semiequivalencia ($V = V_{heq}$). Los valores correspondientes se encuentran abajo, a la izquierda, en la línea de estado y pueden ser insertados como texto en un lugar cualquiera del diagrama.

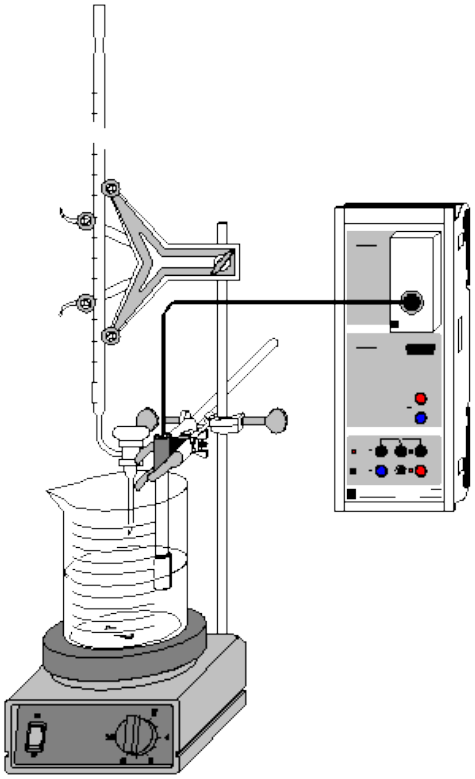
Otros posibles ensayos

El concepto de solución tampón (solución buffer) puede ser introducido utilizando la neutralización de una solución de ácido clorhídrico del mismo valor pH que la solución de ácido acético colocada (aprox. 10 ml 0,01 molar HCl) y comparando ambas curvas. El ácido clorhídrico fuertemente diluido queda neutralizado al añadir 1 ml NaOH, mientras que para la neutralización del ácido acético que es similar se requiere aprox. 10 ml NaOH. En este caso no es importante la determinación del valor pK_a del ácido clorhídrico.

Titulación del ácido fosfórico



Alternativamente con la unidad pH:





Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Nota de peligro

Los ácidos y lejías son corrosivos. Porte gafas protectoras y póngase zapatos y ropa de protección.

Descripción del ensayo

Los ácidos de varios protones muestran curvas de titulación características que permiten determinar los valores pKa de cada etapa de protólisis a partir de cada una de las secciones de curva que transcurren de manera similar.

En una solución acuosa el ácido fosfórico forma los siguientes equilibrios:

1. $H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H_3O^+$ $(pK_{a1} = 2{,}1)$

2. $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + H_3O^+$ $(pK_{a2} = 7{,}1)$

3. $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons PO_4^{3-} + H_3O^+$ $(pK_{a3} = 12{,}3)$

Como aquí los valores pK_a difieren en 5, los tres equilibrios pueden ser considerados totalmente independientes entre sí.

En la titulación con potasa cáustica se puede determinar los puntos de equivalencia de las primeras dos etapas de protólisis del ácido fosfórico. En efecto, como el KOH no es ciertamente una base más fuerte que el ión fosfato, el equilibrio 3 no se encuentra suficientemente a la derecha para poder determinar también el tercer punto de equivalencia. Éste es accesible en una solución acuosa sólo por el camino inverso mediante titulación del fosfato de potasio, por ejemplo, con ácido clorhídrico.

Los fosfatos hidrogenados actúan anfolíticamente en el rango pH considerado de la titulación (aprox. pH 2 hasta pH 12); cuando éstos se encuentran en el lado derecho del equilibrio representan la base del par respectivo ácido / base, en el lado izquierdo del equilibrio ejercen la función del ácido.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni (si es necesario)	529 676
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
2	Mordazas en cruz	666 543
2	Pinzas pequeñas	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559

1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Ácido fosfórico, 10 %, 100 ml	674 3440
Potasa cáustica, c = 1 mol/l, 1 l	672 4460
Solución tampón de pH 4,00, 250 ml	674 4640
Solución tampón de pH 7,00, 250 ml	674 4670
Agua destilada	

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC. Cuando la desviación de la temperatura de 25 °C es grande se recomienda utilizar una sonda de temperatura en la entrada T_1. La temperatura medida de la solución se utiliza automáticamente para la compensación de la tensión obtenida en el electrodo pH.

En lugar de la unidad Química puede conectar la unidad pH (con el electrodo pH de barra) a la entrada A del Sensor-CASSY.

Con el material de soporte, el agitador magnético, el vaso de precipitados y la bureta monte un aparato de titulación.

Ponga justo 100 ml de agua destilada en el vaso de precipitados y con la pipeta añada 10 ml al 10% de ácido fosfórico ($c(H_3PO_4)$ aprox. 1,1 mol/l); llene la bureta con potasa cáustica 1 molar hasta la marca del cero usando el embudo.

Regule la altura del montaje del electrodo pH de tal manera que el diafragma de medición esté sumergido completamente en el líquido y sin que la membrana de vidrio sea dañada por la barrita agitadora en movimiento. Para visualizar con claridad el punto de equivalencia a la solución agregue algunas gotas de una mezcla de rojo de metilo y fenoltaleína.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad Química o la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Si se desea intervalos de volúmenes diferentes a 0,5 ml, entonces cambie el predeterminado en Ajustes V en el campo Fórmula e ingrese por ej. "0,2*n-0,2" para intervalos de 0,2 ml.
- Obtenga el primer dato con la tecla **F9** o el botón .
- Deje gotear 40 ml de potasa cáustica lenta y continuamente y en intervalos de 0,5 ml registre el valor pH con **F9**.

Evaluación

La curva determinada presenta varias zonas características que corresponden a los tres equilibrios de protólisis. La determinación del punto de equivalencia ($V = V_{eq}$) se realiza fácilmente en CASSY Lab: Después de accionar la tecla derecha del ratón en el diagrama **Estándar** y seleccionar **Otras**

evaluaciones y **Determinar punto de equivalencia** marque la porción de curva dentro de la cual se determinará el punto de equivalencia. Después de ello se visualizará automáticamente el punto de equivalencia calculado y el valor pK_a; los valores respectivos se encontrarán abajo, a la izquierda, en la línea de estado y podrán ser insertados como texto en cualquier lugar del diagrama arrastrándolos con el ratón.

Otras evaluaciones

El curso paralelo de las tres secciones tampones puede ser explicado. Para ello se tienen varias posibilidades:

1. En la representación **Evaluación lineal**: Después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón seleccione en el diagrama los submenús **Efectuar ajustes** y **Recta promedio**, luego marque, en una de las zonas tampón, una porción de curva angosta simétrica al punto de equivalencia V_{heq} respectivo, determinado en el diagrama **Estándar**. Se obtiene una recta con la pendiente promedio de la porción marcada. Del mismo modo se procede con las otras dos zonas tampones. A partir de los primeros dos puntos de equivalencia calcule el tercer punto de equivalencia. Las tres rectas que resultan deben transcurrir casi en paralelo debido a que la fórmula general de las zonas tampones tiene la forma:

$$[H_3O^+] = \frac{K_a \cdot [HA]}{[A^-]}$$

(existe una pequeña inexactitud por la variación del volumen debida al KOH añadido y al haberse alcanzado el límite del rango de medición del electrodo pH).

2. En la representación **Evaluación lineal**: Al pulsar las teclas **Alt+F** se tiene la posibilidad de definir un ajuste propio en la ventana **Libre ajuste**. Para ello ingrese la ecuación general de la recta "A*x+B" en la línea respectiva. Para el segundo punto de semiequivalencia **marque el rango** haciendo un clic con el ratón en una porción de curva angosta y simétrica. Se obtiene una recta cuya pendiente A puede ser leída en la línea de estado. A continuación ponga el valor A como **constante** en ventana **Libre ajuste** (**Alt+F**) y marque luego las porciones respectivas alrededor de los otros dos puntos de semiequivalencia.

Cuando la serie de medición es impecable, las zonas tampones deben presentar casi la misma pendiente en las cercanías de los puntos de semiequivalencia quedando bien descritas por las rectas de ajuste.

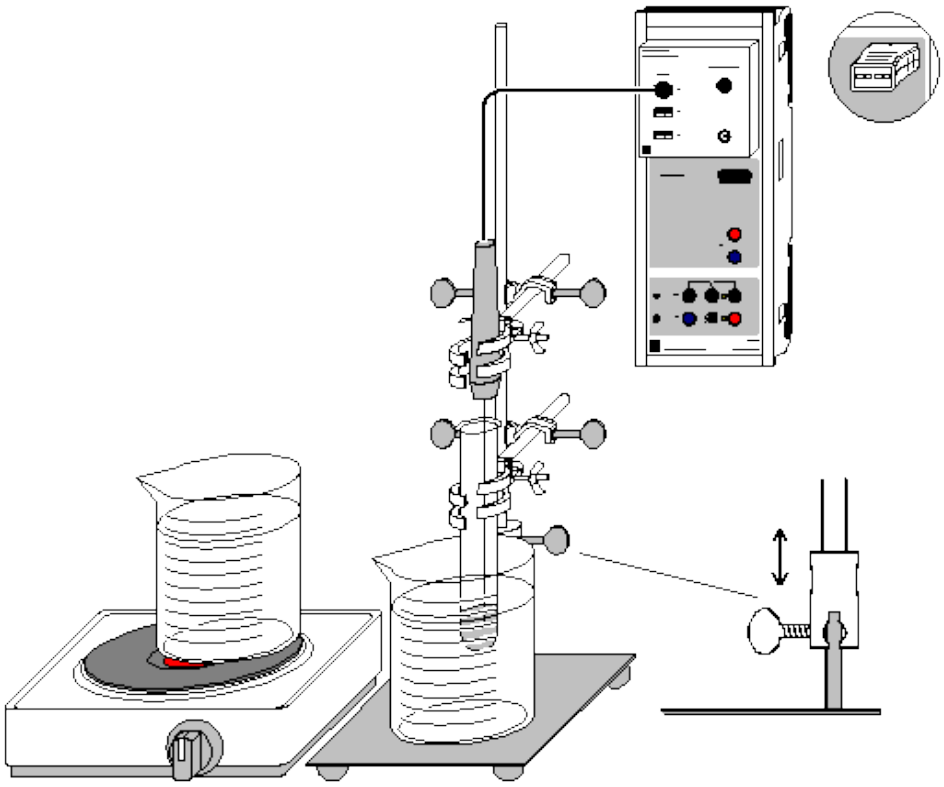
3. En la representación **Curvas tampones**: Para graficar los valores pH en función del grado de neutralización porcentual N de la etapa de protólisis respectiva ingrese los valores del volumen de los tres puntos de equivalencia en Ajustes Veq1, Veq2 y Veq3, en lugar de los predeterminados del ejemplo de ensayo. El tercer punto de equivalencia puede ser calculado a partir de los primeros dos puntos de equivalencia. El grado de neutralización está definido por

$$N = 100 \cdot \left[\frac{V}{V_{eq1}} \cdot (V \le V_{eq1}) + \frac{V - V_{eq1}}{V_{eq2} - V_{eq1}} \cdot ((V > V_{eq1}) \text{ and } (V < V_{eq2})) + \frac{V - V_{eq2}}{V_{eq3} - V_{eq2}} \cdot (V \ge V_{eq2}) \right]$$

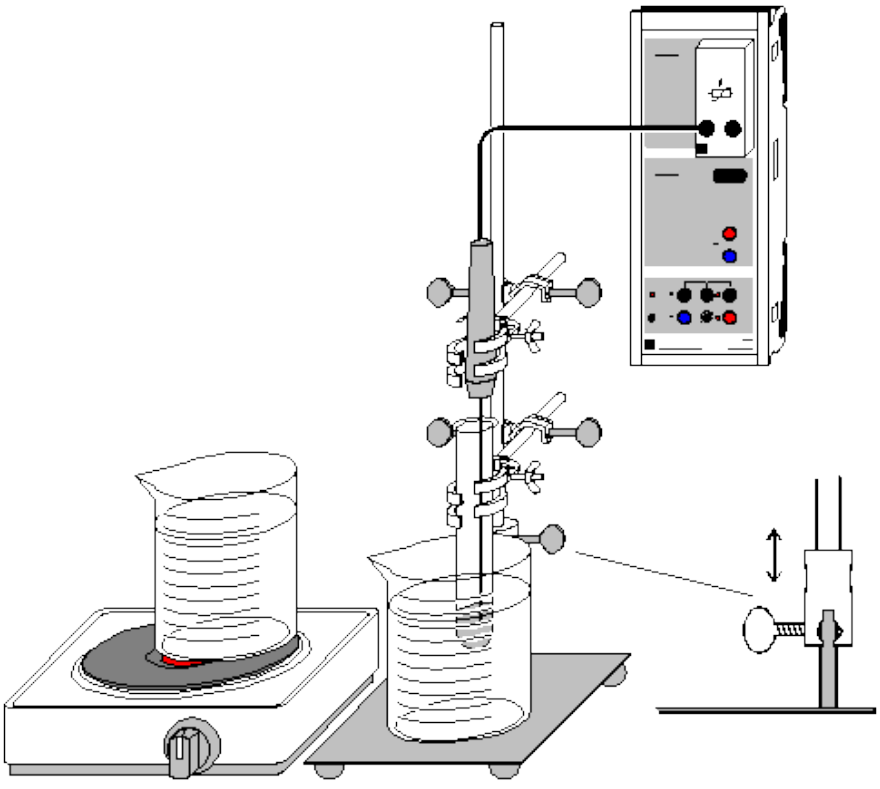
e indica el progreso de la neutralización de la etapa de protólisis respectiva en porcentaje. La primera expresión del primer sumando, dentro del paréntesis grande, contiene la relación de volúmenes para etapa de protólisis, la segunda expresión forma la frontera dentro de la cual esta relación deberá ser establecida.

En la representación **Curvas tampones** ($pH_{A1} = f(N)$) se superponen las tres secciones de la curva de titulación en un diagrama. Son claramente visibles los parecidos de las curvas tampones. Para una evaluación adicional se puede insertar rectas en el diagrama -tal como se describió anteriormente- para verificar la pendiente de las curvas tampones.

Punto de fusión y punto de solidificación del ácido palmítico



Alternativamente con la unidad Temperatura:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Mediante el registro del curso de la temperatura al calentar una sustancia se puede determinar sus puntos de fusión y solidificación.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de NiCr-Ni S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
2	Vasos, 250 ml, altos	664 113
1	Soporte de mechero Bunsen	666 504
1	Tubo de soporte, 13 mm ∅	666 607
1	Nuez universal	666 615
2	Mordazas dobles de sujeción	301 09
2	Pinzas universales	666 555
1	Tubo de ensayo, de	664 043
1	Doble espátula	666 962
1	Placa calefactora, por ej.	666 767
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad Temperatura)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura NTC	666 212
2	Vasos, 250 ml, altos	664 113
1	Soporte de mechero Bunsen	666 504
1	Tubo de soporte, 13 mm ∅	666 607
1	Nuez universal	666 615
2	Mordazas dobles de sujeción	301 09
2	Pinzas universales	666 555
1	Tubo de ensayo, de	664 043
1	Doble espátula	666 962
1	Placa calefactora, por ej.	666 767
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias químicas requeridas

1	Ácido palmítico, 50 g	674 0500

Preparación del ensayo (véase el esquema)

- Llene un vaso hasta un ¾ de su volumen y caliéntelo hasta 80 a 90 °C sobre una placa calefactora.
- Llene el tubo de ensayo con ácido palmítico hasta una altura de 3 a 4 cm y fúndalo en un baño de vapor.
- Desplace el tubo de 13 mm con ayuda de la nuez universal sobre el tubo de 10 mm, de tal manera que pueda moverse como un telescopio. Empotrar al tubo de 13 mm el tubo de ensayo con el ácido palmítico y la sonda de temperatura NTC, de tal forma que la sonda se encuentre aproximadamente 1 cm por sobre el piso y en la mitad del tubo de ensayo (y no en la periferia).
- Una la sonda de temperatura con la entrada T_1 de la unidad Temperatura. Conecte la unidad a la entrada A del Sensor-CASSY.
- Enfríe la muestra por lo menos 40 °C. Para ello utilice un segundo vaso con agua fría.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

Indicación para la calibración

En caso necesario, la sonda de temperatura conectada puede ser calibrada. Con tal propósito en Ajustes ϑA11 (pulse la tecla derecha del ratón), después de corregir introduzca ambos valores

teóricos 0 °C y 100 °C y luego hacer un clic sobre **Corregir offset** (la sonda de temperatura debe encontrarse en una mezcla de hielo y agua) y sobre **Corregir factor** (la sonda de temperatura debe encontrarse en agua hirviendo).

- Con ayuda del soporte telescópico coloque el tubo de ensayo con el ácido palmítico solidificado y la sonda de temperatura fundida en agua caliente aprox. a 80 °C.
- En el programa inicie el registro de datos haciendo un clic sobre el reloj de la barra de símbolos (o pulsando **F9**).
- Si la temperatura por encima de los 60 °C nuevamente se incrementa, levante la muestra con la sonda del baño de agua caliente mediante el soporte y para que se enfríe rápidamente colóquela en el vaso con agua fría (alternativamente también se puede dejar enfriar la muestra lentamente en el aire).
- Si la temperatura cae claramente por debajo del punto de solidificación (aprox. 60 °C) la medición puede finalizar con **F9** o haciendo un clic sobre el símbolo del reloj.

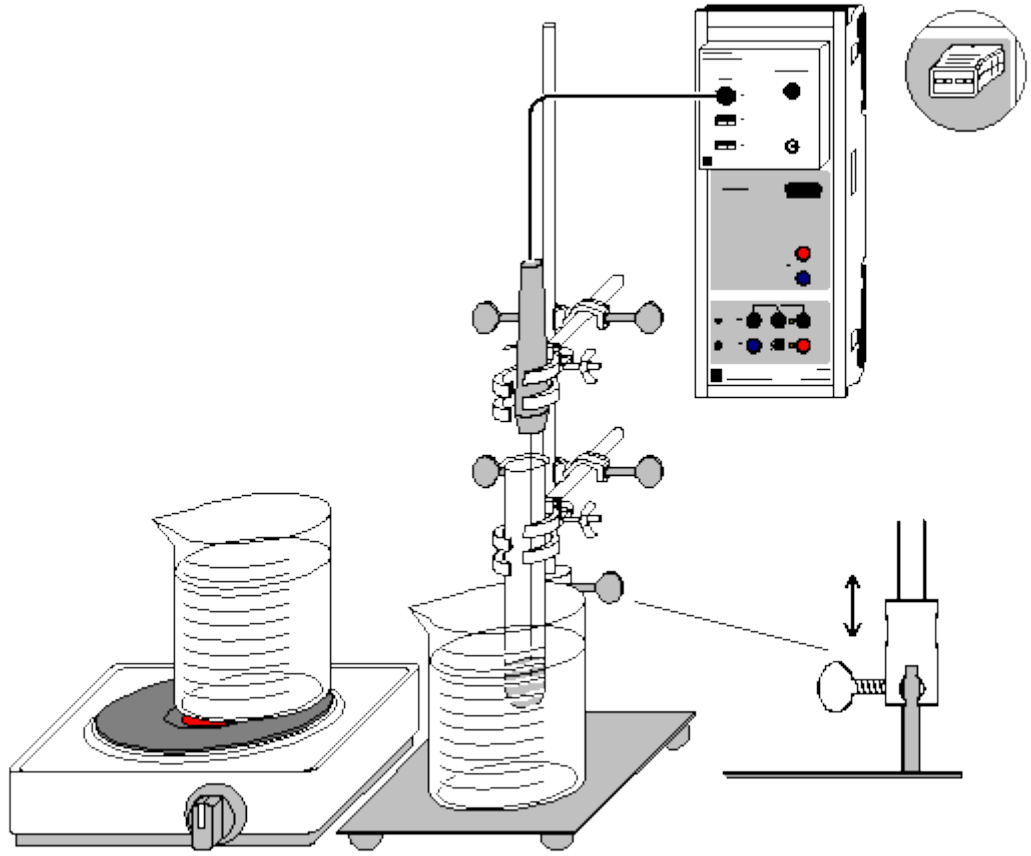
Evaluación

- Para la representación óptima de la gráfica se puede cambiar los rangos de la ventana. Para ello haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre el eje respectivo o hacer un zoom (pulse la tecla derecha del ratón sobre la gráfica).
- Para determinar y marcar los puntos de fusión y solidificación debe insertar una línea horizontal (sitúe la tecla derecha del ratón sobre la gráfica y coloque la marca, seleccione la línea horizontal) de tal manera que ésta recorra por el rango constante de solidificación.
- El valor indicado en la línea de estado (abajo a la izquierda) puede ser ingresado como Texto (pulse la tecla derecha del ratón sobre la gráfica y coloque la marca, seleccione el texto) en la gráfica. Si usted desea también puede cambiarla.

Otros posibles ensayos

- Registro del curso de la temperatura de otras sustancias, por ejemplo de tiosulfato sódico ($5H_2O$).
- Comparación de las curvas de temperatura de diferentes sustancias mediante superposición.
- Comparación de las curvas de temperatura de una sustancia con diferente pureza.
- Estudio del comportamiento de fusión y solidificación de mezclas con diferente composición, determinación de la mezcla eutéctica, elaboración de un diagrama de fases.

Sobreenfriamiento de una masa fundida de tiosulfato de sodio



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La curva de fusión y cristalización del tiosulfato sódico pentahidratado muestra algunas particularidades. La sustancia se funde aprox. a 48 °C, sin embargo, cristaliza después de un fuerte sobreenfriamiento por debajo de los 30 °C cuando es suficientemente pura y la deposición está libre de vibraciones. Durante la solidificación aumenta nuevamente la temperatura del tiosulfato de sodio casi hasta el punto de fusión.

Estos diferentes rangos (fusión, sobreenfriamiento, cristalización) pueden ser vistos con claridad durante el registro de la curva de fusión y cristalización del tiosulfato de sodio.

El sobreenfriamiento de una masa fundida se presenta cuando hay un retraso en el establecimiento del equilibrio entre la sustancia sólida y la sustancia fundida, debido a la falta de gérmenes de cristalización. A los estados de la materia, como el de las masas fundidas sobreenfriadas, que son inestables termodinámicamente, pero frenados cinéticamente, se les denomina metaestables.

La propiedad del tiosulfato de sodio de formar una masa fundida sobreenfriada, relativamente constante y que se calienta al solidificarse, es utilizada para generar calor químicamente. Calentadores manuales y envases de porciones individuales de comidas o bebidas (por ej. para viajeros) pueden ser calentados de esta manera.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676

2	Vasos de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Soporte de mechero Bunsen	666 504
1	Tubo de soporte, 13 mm ∅	666 607
1	Mordaza universal	666 615
2	Mordazas dobles	301 09
2	Pinzas pequeñas	666 551
1	Tubo de ensayo, por ej. de	664 043
1	Espátula doble	666 962
1	Placa calentadora, por ej.	666 767
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

1	Tiosulfato de sodio pentahidratado, por ej. 100 g	673 8000

Preparación del ensayo (véase el bosquejo)

- Conecte la unidad Química a la entrada A del Sensor-CASSY y con la sonda de temperatura conectada en T_1.
- Llene con agua los dos vasos de precipitados a unos ¾ aproximadamente. Coloque un vaso de precipitados sobre la placa calentadora, el otro vaso al lado.
- Llene el tubo de ensayo 2 a 3 cm de altura con tiosulfato de sodio.
- Con la mordaza universal desplace el tubo de 13 mm por el tubo de 10 mm para que se mueva como un telescopio.
- Con las pinzas pequeñas sujete el tubo de ensayo y la sonda de temperatura al tubo de 13 mm de tal forma que la punta de la sonda se encuentre unos milímetros sobre el fondo y en la mitad del tubo de ensayo, en la sustancia (no en las paredes).

Calibración

Calibre la sonda de temperatura conectada antes de realizar el primer ensayo, para obtener resultados precisos en las mediciones:

Cargar ajustes

- Sumerja la sonda de temperatura en una mezcla de hielo con agua, ingrese el valor referencial "0 °C" en Ajustes ϑA11 bajo **Corregir** en la línea superior y haga un clic en **Corregir offset**.
- Luego sumerja la sonda de temperatura en agua hirviendo, ingrese el valor referencial "100 °C" en Ajustes ϑA11 bajo **Corregir** en la línea superior y haga un clic en **Corregir offset**. Si es posible tome en cuenta la influencia de la presión atmosférica sobre el punto de ebullición.
- Guarde el ajuste calibrado con **F2** bajo un nuevo nombre.
- Marque el Sensor-CASSY, la unidad Química y la sonda de temperatura, para que puedan ser utilizados nuevamente en la misma combinación. Sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada.

Realización del ensayo

- Utilice los ajustes calibrados o cárguelos.
- Encienda la placa calentadora.
- Mediante el soporte telescópico ponga el tubo de ensayo con la sonda de temperatura en el vaso de precipitados sobre la placa calentadora.
- Inicie la medición con **F9** o el botón .
- Después del fundido completo del tiosulfato de sodio y de haber alcanzado aprox. los 65 °C saque el tubo de ensayo fuera del baño de agua caliente mediante el soporte y póngalo rápidamente en el vaso de precipitados con agua fría para enfriarlo (también puede enfriar la muestra lentamente dejándola enfriar al aire).
- Para alcanzar temperaturas de sobreenfriamiento más bajas, procure que el montaje no vibre, de otro modo un leve golpecito en el tubo de ensayo puede iniciar la cristalización y reforzarla.
- La temperatura máxima de cristalización puede ser alcanzada después de iniciado el proceso de solidificación (ϑ_{A11} aumenta nuevamente) al sacar el tubo de ensayo del baño de agua y darle golpecitos adicionales.

- Después de la cristalización completa del tiosulfato de sodio termine la medición con **F9** ó con el botón .

Evaluación

En la curva se puede diferenciar varias zonas:

a) Calentamiento de la sustancia sólida.

b) Zona de fusión del tiosulfato sódico pentahidratado. Como el calentamiento se realiza más rápidamente que el establecimiento del equilibrio termodinámico, sólo hay una zona de fusión, no se puede fijar un punto exacto de fusión.

c) Calentamiento de la masa fundida.

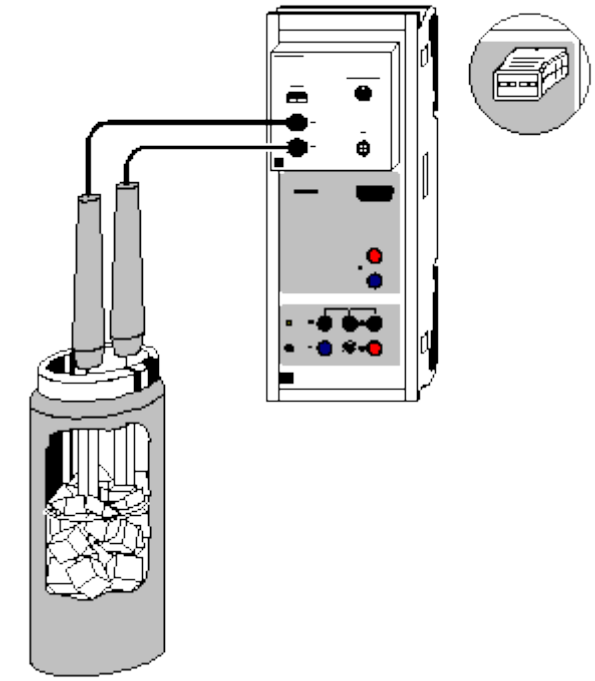
d) Enfriamiento de la masa fundida. Claramente se ve que la zona de fusión pasa por debajo, sin que se muestre un plateau típico de una transición de fase.

e) En el mínimo de la curva de temperatura se inicia la cristalización del tiosulfato sódico pentahidratado. Esto condiciona un aumento de temperatura hasta la temperatura de cristalización. Para determinarla haga un clic con el botón derecho del ratón en el diagrama y luego seleccione **Valor medio de intervalos** y a continuación marque la porción de curva, aproximadamente horizontal en el máximo de temperatura de la zona de cristalización. La temperatura de cristalización promedio se indica en la línea de estado. Para insertar su valor en el diagrama arrástrelo con el puntero del ratón o pulse **Alt+T**.

f) Enfriamiento de la sustancia solidificada completamente.

Marque las diferentes zonas de la curva de medición mediante líneas verticales para separarlas claramente.

Determinación de la masa molar mediante la disminución del punto de congelación



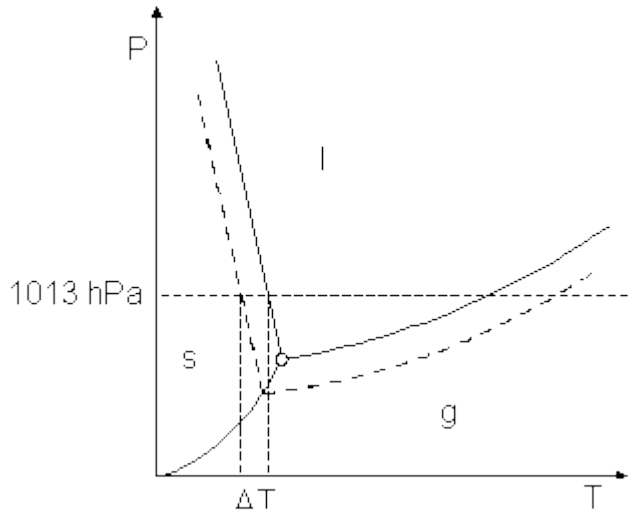
Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Un método relativamente simple para determinar la masa molar de una sustancia es la medición de la disminución del punto de congelación de soluciones diluidas de la sustancia en un disolvente. La disminución del punto de congelación, como una de las propiedades coligativas de soluciones diluidas, sólo depende de la cantidad de sustancia de las partículas diluidas y no de su tipo.

Si una sustancia se disuelve en un disolvente se produce un desplazamiento de las líneas fronteras entre la fase sólida (s), líquida (l) y gaseosa (g) en el diagrama de fases (línea continua: disolvente puro, línea discontinua: solución). Este desplazamiento conlleva al aumento del punto de ebullición y una disminución del punto de congelación (ΔT) de la solución comparados al disolvente puro.



El valor de la disminución del punto de congelación se puede obtener de la ecuación

$$\Delta T = \left(\frac{R \cdot T^{*2} \cdot M_2}{\Delta H_f} \right) \cdot \frac{n_1}{m_2}$$

en donde R es la constante universal de los gases, T* y M_2 son el punto de congelación y la masa molar del disolvente puro y ΔH_f su entalpía molar de fusión. Esta primera expresión es resumida en una constante crioscópica K_k característica para cada disolvente. El valor K_k para el agua es 1853 K*g/mol; sin embargo, en el análisis químico frecuentemente se prefiere alcanfor como disolvente por su valor constante y alto K_k = 40000 K*g/mol. La segunda fracción de la ecuación de arriba se denomina Molalidad (cantidad de sustancia n_1 / Masa m_2 del disolvente) de la sustancia diluida.

A partir de la disminución del punto de congelación se puede determinar fácilmente la masa molar de la sustancia diluida:

$$\Delta T = K_k \cdot \frac{n_1}{m_2} = K_k \cdot \frac{m_1}{M_1 \cdot m_2}$$

(m_1: Masa de la sustancia diluida en g, m_2: Masa del disolvente en g, M_1: Masa molar de la sustancia diluida en g/mol)

Despejando M_1 se obtiene:

$$M_1 = \frac{K_k \cdot m_1}{\Delta T \cdot m_2}$$

Esta ecuación se cumple para sustancias no disociadas. En el caso de sales, ácidos y bases se debe considerar el número de partículas disueltas que se producen y el grado de disociación α.

En el ejemplo del ensayo se estudia una solución 1 molar de glicol etilénico (HO-CH_2-CH_2-OH) en agua. El glicol etilénico encuentra aplicación, por ejemplo, en los automóviles como agente anticongelante del agua de refrigeración y de los equipos limpiaparabrisas.

Para el enfriamiento de las soluciones se emplea simplemente una mezcla fría compuesta de sal común y hielo en un recipiente Dewar (véase Preparación de una mezcla fría).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
2	Sondas de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Recipiente Dewar, 0,5 l	667 320
2	Tubos de ensayos, 16x160 mm, por ej. de	664 043
1	Pipeta de Pasteur, por ej. de	665 950
1	Tetina para la pipeta de Pasteur, por ej. de	665 954
1	Tapón de goma, ∅ 14-18 mm	667 253
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma alta	664 138
1	Balanza de lab., resolución ≤ 0,01 g, rango de pesada ≥ 300 g	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Cloruro de sodio, por ej. 250 g	673 5700
Glicol etilénico, por ej. 250 ml	671 9800
Hielo, aprox. 200 g	
Agua destilada	

Calibración

Para garantizar una suficiente precisión calibre las sondas de temperatura antes de la primera medición y posteriormente cada cierto tiempo.

- Cargar ajustes

- Sumerja ambas sondas de temperatura en agua con hielo (mezcla de hielo con un poco de agua), agítela con las sondas de temperatura y espere hasta que en los instrumentos indicadores se hayan establecido valores con una precisión de ± 0,1 °C.
- En Ajustes ϑA12, ϑA13 y ΔTA1 bajo **Corregir** ingrese para cada uno el valor referencial "0" en la primera línea y haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Guarde los ajustes calibrados con **F2** bajo un nuevo nombre.
- Marque el Sensor-CASSY, la unidad Química y las sondas de temperatura, para que puedan ser utilizados nuevamente en la misma combinación (sólo de esta manera la calibración guardada es apropiada).

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

- Conecte las sondas de temperatura T_2 y T_3 a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.
- Para elaborar la mezcla fría triture el hielo. Luego viértalo hacia el recipiente Dewar.
- En la balanza pese aprox. 40 a 50 g de NaCl en el vaso de precipitados.
- Poco a poco añada la sal al hielo en el recipiente Dewar y agite la mezcla con la sonda de temperatura. Si es dificultoso agitar el hielo, entonces añada un poco de agua destilada.
- Agite la mezcla hasta que se tenga una distribución uniforme de la temperatura en el recipiente Dewar. Espera hasta alcanzarse una temperatura de -18 a -20 °C. Verifíquelo mediante el instrumento indicador de la sonda de temperatura.
- Coloque dos tubos de ensayo secos en el vaso de precipitados sobre la balanza y ponga la balanza a 0.
- Con la pipeta de Pasteur añada aprox. 0,5 a 0,7 g de glicol etilénico en uno de los tubos de ensayo y determine la masa exacta. Ponga la balanza a 0, añada 10 a 12 g de agua destilada al glicol etilénico y determine la masa exacta. En Ajustes Comentario (rápidamente mediante **F5**) puede ingresar los datos del ajuste para almacenarlos posteriormente con la medición.
- Cierre el tubo de ensayo con el tapón de goma y diluya el glicol etilénico agitando el tubo de ensayo.
- En el segundo tubo de ensayo llene aprox. 9 a 10 g de agua destilada.
- Sumerja la sonda de temperatura, limpia y conectada a T_2, en la solución de glicol etilénico; la otra, también limpia, sumérjala en el agua destilada.

Realización del ensayo

- Utilice los ajustes calibrados o cárguelos.
- Con las sondas de temperatura sumergidas coloque los tubos de ensayos en la mezcla fría a la misma profundidad. El nivel de los líquidos en los tubos de ensayo deben estar por debajo del nivel de la mezcla fría. Cuide que ninguna solución salina de la mezcla fría pase hacia los tubos de ensayo.
- Inicie la medición con **F9** o el botón .
- Con las dos sondas de temperatura agite constantemente el contenido de los tubos de ensayo hasta que los líquidos se hayan congelado completamente.
- Prosiga la medición hasta que ΔT_{A1} nuevamente esté cerca a 0 y se haya establecido temperaturas casi constantes.
- Termine la medición con **F9** ó con el botón .

Evaluación

En la medición se registra tres curvas simultáneamente: las dos curvas de solidificación (ϑ_{A12} y ϑ_{A13}) - una para la muestra y una curva referencial del agua destilada - y la curva diferencial (ΔT_{A1}).

Las curvas de solidificación presentan varias zonas:

a) En el inicio de la medición las temperaturas ϑ_{A12} y ϑ_{A13} caen casi bruscamente, mientras que los dos líquidos se enfrían rápidamente.

b) La pronunciada caída de temperatura termina, sobre todo para ϑ_{A12}, en un mínimo local que caracteriza el sobreenfriamiento de los líquidos.

c) A partir de este mínimo de temperatura continua la zona de solidificación de la curva, importante para la determinación de la disminución del punto de congelamiento. En los disolventes puros la

temperatura permanece exactamente constante durante el proceso de solidificación, por lo que la curva de solidificación aparece aplanada (véase en el capítulo la curva ϑ_{A13}).

En las soluciones la zona de solidificación transcurre de otra manera: Como en ellas sólo el disolvente puro eflorece y la sustancia diluida permanece en la fase líquida, su concentración crece continuamente. Por esta razón el punto de solidificación de la solución disminuye continuamente (véase en el ejemplo la curva ϑ_{A12}). El punto de congelación buscado de la solución original se encuentra en el máximo, al inicio del proceso de solidificación.

d) Una vez que el proceso de solidificación ha terminado, ambas sustancias se enfrían rápidamente tomando sus curvas un curso exponencial hacia la temperatura ambiente. Como el monocristal puro, contrariamente a la solución congelada, no tiene fronteras de fases, su enfriamiento puede ocurrir mucho más rápidamente.

Para evaluar los datos de la medición, en primer lugar hay que determinar el punto de congelación de la solución de glicol etilénico a partir de la curva de solidificación ϑ_{A12}. Este se muestra como el máximo en el inicio de la zona de solidificación de la curva. Las coordenadas de esta zona angosta pueden ser leídas en la tabla de datos (para esto haga un clic en el máximo con el botón izquierdo del ratón - el valor correspondiente se verá resaltado en la tabla). La diferencia de temperaturas entre las dos curvas de solidificación en esta zona indica la disminución del punto de congelación ΔT de la solución respecto al agua pura. Como la medición de la diferencia de temperaturas ΔT_{A1} con la unidad Química tiene una mayor resolución, esta curva es utilizada para determinar la disminución del punto de congelación.

Primeramente pulse **Alt+Z** y con el botón izquierdo del ratón seleccione la zona interesante para la evaluación de la curva de solidificación y la curva de la diferencia. De esta manera se hace una amplificación de la zona. Luego haga un clic en el diagrama con el botón derecho del ratón y seleccione **Valor medio de intervalos** y marque con el ratón los puntos que pertenecen al máximo de la zona de solidificación de ϑ_{A12} sobre la curva de la diferencia ΔT_{A1}. Durante el proceso de marcación se debe verificar la posición del puntero del ratón en la línea de estado. El valor medio para ΔT_{A1} quedará indicado con una línea horizontal en el diagrama; el valor respectivo aparecerá en la línea de estado para que pueda ser insertado como texto en el diagrama mediante **Alt+T**.

De la disminución del punto de congelación, así determinado, se puede calcular la masa molar de la sustancia estudiada mediante la siguiente expresión:

$$M_1 = \frac{K_k \cdot m_1}{\Delta T \cdot m_2}$$

Con los valores del ejemplo del ensayo (m_1 = 0,63 g; m_2 = 11,56 g; $\Delta T = |\Delta T_{A1}|$ = 1,59 K; K_k = 1853 K*g/mol) se obtiene para el glicol etilénico:

M_1 = 63,51 g/mol.

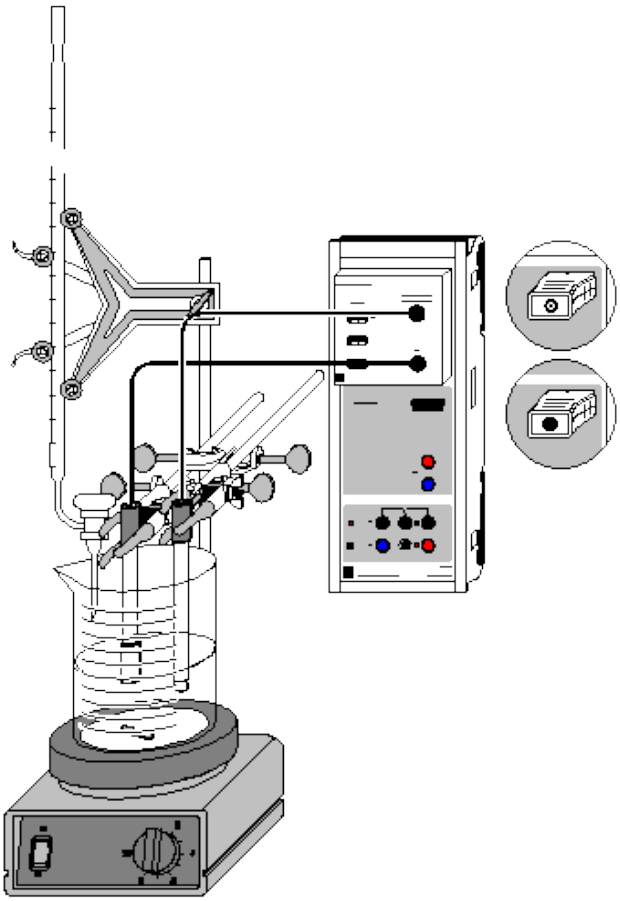
Comparando este valor con el que se indica en la literatura de 62,07 g/mol, el error cometido es del 2,3 %.

Otros posibles ensayos

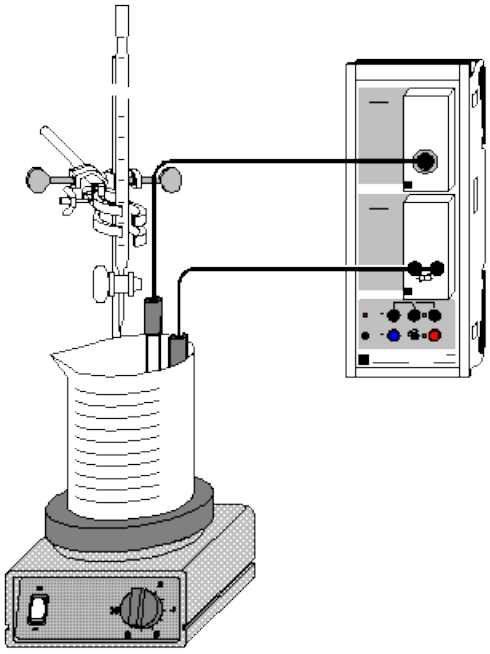
Con el mismo montaje experimental se puede registrar curvas de solidificación de muchas sustancias.

De las curvas de solidificación de sales diluidas, ácidos y bases se puede determinar, conocida la composición, el grado de disociación para una determinada concentración. Para ello hay que medir la disminución del punto de congelación de una determinada cantidad de sal y de aquí determinar la cantidad de sustancia total de partículas diluidas. Todo ello es utilizado para calcular el grado de disociación.

Titulación de ácido clorhídrico con soda cáustica (pH y conductividad)



Alternativamente con la unidad pH y la unidad Conductividad:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Indicaciones para evitar peligros

Acidos y lejías son corrosivas. Porte gafas de protección.

Descripción del ensayo

Durante la titulación el valor pH y la conductividad son registradas en paralelo y en la evaluación se determina el punto de equivalencia y el valor pK_a de la titulación.

Equipo requerido (con la unidad Química o los adaptadores de pH/Conductividad S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptadores de pH/Conductividad S	524 067(2+1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, bajo	664 113
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
3	Mordazas en cruz	666 543
3	Abrazaderas universales	666 555
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Pipeta, 10 ml	665 975
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH y la unidad Conductividad)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Unidad Conductividad	524 037
1	Celda de medición de conductividad	667 426
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, bajo	664 113
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
3	Mordazas en cruz	666 543
3	Abrazaderas universales	666 555
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Pipeta, 10 ml	665 975
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias químicas requeridas

Acido clorhídrico, c = 0,1 mol/l, 500 ml	674 6950
Soda cáustica, c = 0,1 mol/l, 500 ml	673 8410
Agua destilada	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

El valor pH y la conductividad se mide desde el Sensor-CASSY a través de la unidad pH en la entrada A y la unidad Conductividad en la entrada B.

El montaje para la titulación se consigue con el agitador magnético, el vaso de precipitado, el material de soporte y una bureta. Vierta en el vaso de precipitados aprox. 100 ml de agua y con la pipeta 10 ml de ácido clorhídrico.

Introduzca los electrodos y sujételos de tal manera que por un lado estén sumergidos suficientemente, por otro lado que no sean tocados por la barrita de agitación que se encuentra girando.

Calibración

Para una medición exacta se debe calibrar los electrodos la primera vez y posteriormente cada cierto tiempo:

- Cargar ajustes
- En Ajustes Valor de pH pHA1 seleccione **Corregir**.
- Enjuague el electrodo con agua destilada y sumérjalo en la solución tampón con pH 7,00, muévalo un poco.
- Como primer valor teórico escriba 7,00 y luego **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo con agua destilada y sumérjalo en la solución tampón con pH 4,00, muévalo un poco.
- Como segundo valor teórico escriba 4,00 y luego **Corregir factor**.
- En Ajustes Conductividad CB1 seleccione **Corregir**.
- En lugar del factor 1,00 escriba el factor que está gravado en el vástago del electrodo y luego **Corregir factor**.
- Tome nota del Sensor-CASSY, los electrodos y la unidad sensora de tal forma que después puede utilizar los mismos elementos en la misma entrada (solo de esta manera la calibración guardada es válida).

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Registre el valor inicial con **F9**.
- Haga que la soda cáustica gotee continuamente y registre cada 0,5 ml el valor de pH y el conductividad respectivos con **F9**.

Evaluación

Para la determinación del punto de equivalencia hay dos posibilidades:

Valor de pH

Con la tecla derecha del ratón haga un clic sobre el diagrama, en otras evaluaciones **Determinación del punto de equivalencia** y marque la porción de curva deseada. El valor (en caso dado con el valor pK) aparece en la línea de estado, abajo, a la izquierda y puede ser insertado como texto en cualquier lugar en el diagrama.

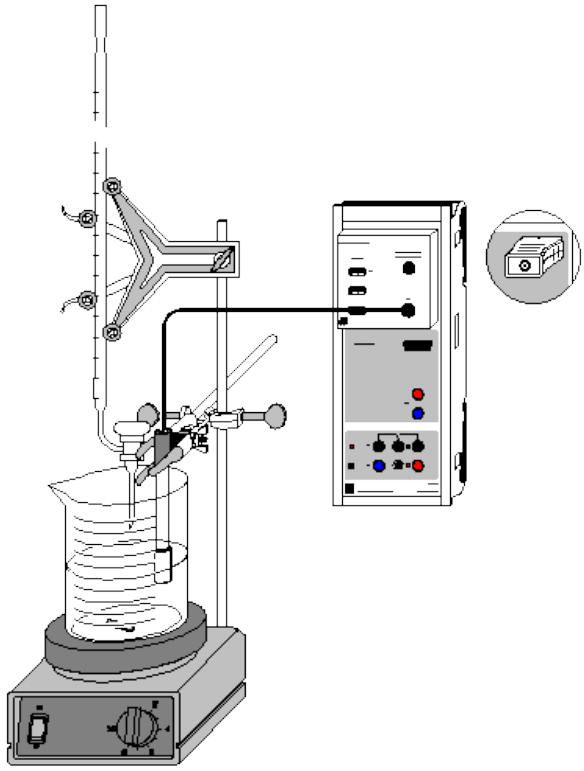
Conductividad

Con la tecla derecha del ratón haga un clic sobre el diagrama y en efectuar ajustes seleccione la recta promedio y marque la rama izquierda de la curva de conductividad. Haga lo mismo con la rama derecha. Como marcación usted puede trazar una línea vertical que pase a través del punto de corte entre ambas rectas. Aquí también es posible visualizar coordenadas.

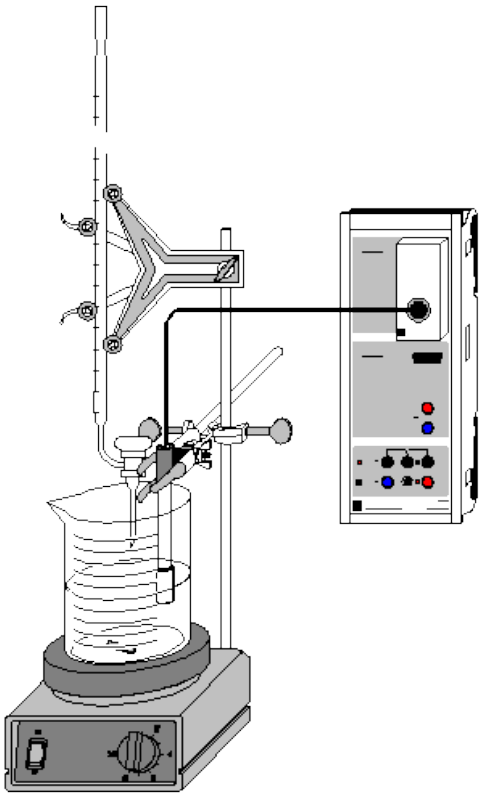
Otros posibles ensayos

- Registro de una magnitud (por ej. valor pH)
 Con la tecla derecha del ratón haga un clic sobre la ventana Conductividad y seleccione **Borrar**. La ventana de visualización y todos los otros datos relacionados a la conductividad desaparecen. Ahora solo se medirá el valor pH.
- Uso de una bureta síncrona o una bureta de émbolo con motor (Titulación automática)
 En la ventana del parámetro de medición (pulse dos veces **F5**) seleccionar **registro automático** y ajustar como intervalo por ej. 1 s.
 En los Ajustes V introduzca la fórmula **t/20** para el volumen (aquí se supone que se va a dosificar 1 ml en 20 s. En caso necesario, este valor, como también el volumen máximo, debe ser adaptado).
- Utilice una balanza para el registro del volumen (Titulación automática)
 En los Ajustes generales (después de pulsar **F5**) en el puerto serie de la balanza seleccione el ajuste **Balanza** (por ej. asigne COM2 a **Balanza**, si la balanza ha sido conectada a COM2). Adapte los ajustes de la balanza (velocidad de transmisión, modo, etc.) a la programación de la balanza (en caso dado consulte el manual de la balanza).
 En los Ajustes V introduzca la fórmula **m/1.05** para el volumen (aquí se supone que la densidad del medio de titulación es 1,05 g/ml. En caso necesario, este valor, como también el volumen máximo, debe ser adaptado).

Titulación del vinagre de cocina



Alternativamente con la unidad pH:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Nota de peligro

Los ácidos y las lejías son corrosivos. Porte gafas protectoras y póngase guantes a prueba de ácidos.

Descripción del ensayo

La titulación con una solución patrón permite determinar la concentración de ácidos (o lejías). Para ello se debe determinar por titulación el punto de equivalencia de un volumen V del ácido medido exactamente y de aquí su concentración c, conocida su valencia n, mediante la expresión:

$$n_1 \cdot c_1 \cdot V_1 = n_2 \cdot c_2 \cdot V_2$$

El ejemplo con vinagre de cocina es fácil de realizar y se utiliza NaOH 1 molar como solución patrón.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni (si es necesario)	529 676
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 25 ml	665 845
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 25 ml	665 845
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Vinagre de cocina	
Agua destilada	
Sosa cáustica, c = 1 mol/l	por ej. 500 ml: 673 8420
Solución tampón de pH 4,00	por ej. 250 ml: 674 4640
Solución tampón de pH 7,00	por ej. 250 ml: 674 4670

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC. Cuando la desviación de la temperatura de 25 °C es grande, se recomienda utilizar una sonda de

temperatura en la entrada T_1. La temperatura medida de la solución se utiliza automáticamente para la compensación de la tensión obtenida en el electrodo pH.

En lugar de la unidad Química se puede usar la unidad pH con el electrodo pH de barra, a su vez conectada a la entrada A del Sensor-CASSY.

Monte un aparato de titulación con el material de soporte disponible, el agitador magnético, el vaso de precipitados y la bureta. En el vaso de precipitados vierta aproximadamente 100 ml de agua destilada y con la pipeta agregue exactamente 10 ml de vinagre doméstico; llene la bureta con 1 molar de soda cáustica hasta la marca del cero usando el embudo.

Regule la altura del montaje del electrodo pH de tal manera que el diafragma de medición esté sumergido completamente en el líquido y sin que la membrana de vidrio sea dañada por la barrita agitadora en movimiento. Para visualizar con claridad el punto de equivalencia añada algunas gotas de solución de fenoltaleína como indicador.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione el botón **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo y la unidad Química o la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Si se desea intervalos de volúmenes diferentes a 0,2 ml, entonces cambie el predeterminado en Ajustes V en el campo Fórmula e ingrese por ej. "0,5*n-0,5" para intervalos de 0,5 ml.
- Obtenga el primer dato con la tecla **F9** o el botón .
- Deje gotear la soda cáustica lenta y continuamente y registre el valor pH en intervalos de 0,2 ml con **F9**.

Evaluación

En el punto de equivalencia ($V = V_{eq}$) el ácido acético ha reaccionado completamente con la soda cáustica:

$$HAc + NaOH \rightarrow Na^+ + Ac^- + H_2O$$

Como las dos sustancias reaccionan entre sí en la relación 1:1, la concentración del ácido acético se calcula según la expresión:

$$c_{HAc} \cdot V_{HAc} = c_{NaOH} \cdot V_{eq}$$

CASSY Lab calcula el punto de equivalencia para determinar el volumen requerido de NaOH. Con tal propósito pulse el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione **Otras evaluaciones** y haga un clic sobre **Determinación del punto de equivalencia**. Luego marque la porción de curva deseada e inmediatamente se visualizará en el gráfico el punto de equivalencia y el valor pK_a de la curva. Los valores correspondientes se encontrarán en la línea de estado, en la parte inferior, a la izquierda y pueden ser insertados como texto en cualquier lugar del diagrama arrastrándolos con el ratón o pulsando **Alt+T**.

Otra evaluación

Otros cálculos pueden incidir en la comparación entre la concentración medida en mol/l y la indicación de la etiqueta del envase del vinagre en volumen porcentual.

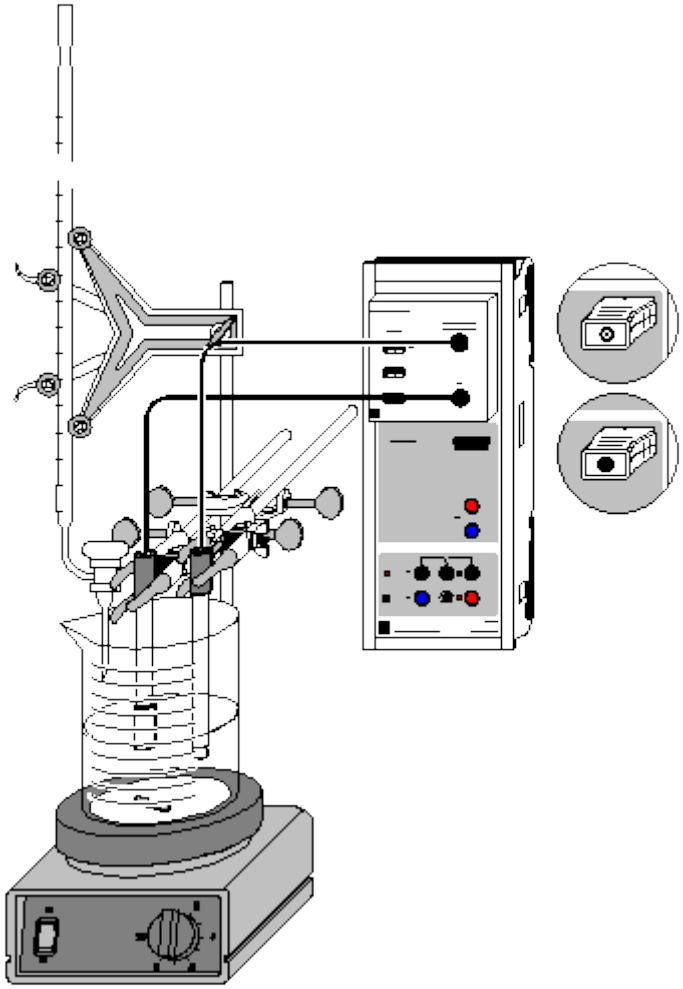
A tal efecto en primer lugar hay que calcular la masa del ácido acético puro en la solución de vinagre multiplicando su concentración con la masa molar (M_{HAc} = 60,05 g/mol):

$$c_{HAc} \cdot M_{HAc} = \frac{m_{HAc}}{1\,l}$$

El cociente entre el valor obtenido y la densidad del ácido acético puro (ρ_{HAc} = 1050 g/l) da el porcentaje volumétrico del ácido acético puro en el vinagre de cocina titulado, la multiplicación por 100 el valor porcentual:

$$\frac{m_{HAc} \cdot 100}{1\,l \cdot \rho_{HAc}} = Vol\%_{HAc}$$

Titulación del ácido acético con soda cáustica (pH y conductividad)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Nota de peligro

Los ácidos y las lejías son corrosivos. Porte gafas protectoras y póngase guantes a prueba de ácidos.

Descripción del ensayo

Con la unidad Química se puede realizar varias mediciones en paralelo. Esto permite la observación de un ensayo bajo varios puntos de vista. En la titulación de ácido acético con soda cáustica se puede obtener tanto información de la medición del pH como de la conductividad durante la reacción.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptadores de pH/Conductividad S	524 067(2+1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997

1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 25 ml	665 845
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
2	Mordazas en cruz	666 543
2	Pinzas pequeñas	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Ácido acético, c = 0,1 mol/l	por ej. 500 ml: 671 9560
Sosa cáustica, c = 0,1 mol/l	por ej. 500 ml: 673 8410
Agua destilada	
Solución tampón de pH 4,00	por ej. 250 ml: 674 4640
Solución tampón de pH 7,00	por ej. 250 ml: 674 4670

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor de conductividad y el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC.

Monte un aparato de titulación con el material de soporte disponible, el agitador magnético, el vaso de precipitados y la bureta.

En el vaso de precipitados vierta aprox. 120 ml de agua destilada y 10 ml exactos de ácido acético usando la pipeta; llene la bureta con soda cáustica hasta la marca del cero usando el embudo.

Para no alterar la medición de la conductividad al introducir el electrolito de referencia del electrodo pH, éste debe ser bien enjuagado con agua destilada antes de ser puesto en funcionamiento. Además, para la compensación de presión se debe dejar libre la abertura superior del electrodo. En el montaje se debe tener en cuenta que, por un lado, el diafragma de medición del electrodo pH esté sumergido completamente en el líquido y por otro lado, la membrana de vidrio no sea dañada por la barrita agitadora en movimiento.

Para las mediciones exactas el sensor de conductividad requiere, a causa de su campo dispersivo, una profundidad mínima de inmersión de 2 cm y una distancia mínima de 1 cm a la pared del recipiente y los otros dispositivos (sensor pH, barrita agitadora).

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga las distancias a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en Ajustes CA1, bajo **Corregir** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo y la unidad Química para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Si se desea intervalos de volúmenes diferentes a 0,2 ml, entonces cambie el predeterminado en Ajustes V en el campo Fórmula e ingrese por ej. "0,5*n-0,5" para intervalos de 0,5 ml.
- Obtenga los primeros datos con la tecla **F9** o el botón .
- Deje gotear lenta y continuamente 20 ml de soda cáustica y en intervalos de 0,2 ml registre el valor pH y la conductividad con **F9**.
- Véase los ejemplos de ensayos respectivos para utilizar la bureta con motor y la barrera luminosa para la titulación automática.

Evaluación

La determinación del punto de equivalencia a partir de la conductividad se realiza gráficamente. Primeramente pulse el botón derecho del ratón en el sistema de coordenadas y seleccione **Efectuar Ajustes** y **Recta promedio**. Luego marque una de las dos porciones de curva para ajustarla con una recta; estas porciones de curva son las zonas a la derecha y a la izquierda del acodamiento de la curva de conductividad. El punto de corte de las dos rectas ajustadas indica, sobre el eje X, el volumen de neutralización para el ácido acético colocado. Este punto puede quedar marcado con una línea vertical mediante la combinación de teclas **Alt+V**.

Con el botón derecho del ratón seleccione **Otras evaluaciones** y **Determinación del punto de equivalencia** para determinar en el diagrama el punto de equivalencia por medio de la medición del pH. Después de marcar la curva, el punto de equivalencia y el punto de semiequivalencia son calculados e indicados automáticamente. Con el valor pH en el punto de semiequivalencia se da también el valor pK_a del ácido acético. Los valores respectivos se encuentran en la línea de estado y pueden ser arrastrados hacia el diagrama como texto manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón.

Comentarios

En el punto de equivalencia ($V = V_{eq}$) se encuentran casi sólo iones de sodio y acetato en la solución:

$$HAc + Na^+ + OH^- \rightarrow Na^+ + Ac^- + H_2O$$

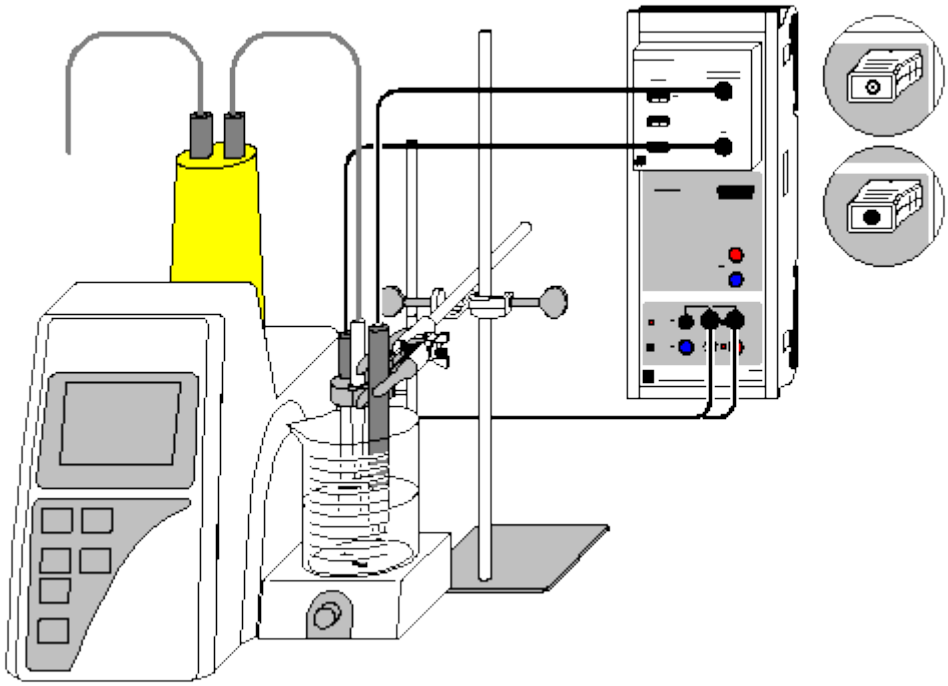
Las concentraciones de los iones H_3O^+ y OH^- son muy pequeñas (pH aprox. 8). Como la movilidad iónica de los iones hidróxidos es notablemente mayor que la de los iones acetatos, la curva de conductividad presenta un acodamiento notorio en el punto de equivalencia: antes de la neutralización del ácido acético los iones hidróxidos han reaccionado completamente con el ácido acético, de tal forma que el aumento de la conductividad sólo se debe a los iones de acetato y sodio que se producen (pendiente de poca inclinación de la curva de conductividad).

La corta caída de la conductividad al inicio de la titulación corresponde al aumento algo fuerte del valor pH en la misma zona: como para los ácidos débiles se cumple la expresión de la solución tampón

$$[H_3O^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]},$$

la concentración de los iones H_3O^+ queda determinada sólo a través de la relación $[HA]/[A^-]$. Ésta disminuye fuertemente al inicio de la titulación, ya que primero $[A^-]$ es casi cero en el ácido acético colocado y aumenta rápidamente con la soda cáustica añadida. Como los iones H_3O^+ presentan una movilidad particularmente alta, la conductividad se reduce también.

Titulación automática del NH_3 con NaH_2PO_4 (Bureta con motor)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se utiliza una bureta accionada por motor y CASSY para realizar y registrar datos de una titulación automática.

En la titulación de una base débil, como el amoniaco, con un ácido débil, como el bifosfato sódico, se obtiene una curva pH muy aplanada en todo su curso. En este caso la medición de la conductividad suministra datos fácilmente evaluables. El registro simultáneo de las dos curvas con CASSY permite la comparación directa y una evaluación de la precisión en la determinación del punto de equivalencia.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptadores de pH/Conductividad S	524 067(2+1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Bureta de pistón con motor	665 825
1	Cable de conexión para bureta de pistón con motor	665 8251
1	Vaso de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
2	Matraces aforados, 100 ml	665 793
1	Pipeta volumétrica, 5 ml	665 974
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Soporte de mechero Bunsen, 450 mm	666 502
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	Espátula	666 962
1	Vidrios de reloj, por ej. 80 mm	664 154
1	Embudo para polvo, por ej. 60 mm	602 681
1	Balanza (mínimo hasta 100 g, resolución 0,01 g)	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Agua destilada	
Solución de amoniaco, diluida	por ej. 500 ml: 670 3650
$NaH_2PO_4 * 2 H_2O$	por ej. 50 g: 673 6000
Solución tampón de pH 4,00	por ej. 250 ml: 674 4640
Solución tampón de pH 7,00	por ej. 250 ml: 674 4670

Preparación de las soluciones

Con un vidrio de reloj sobre la balanza pese exactamente 1,56 g bifosfato sódico (0,01 mol), enjuáguelo con agua destilada hacia un matraz de 100 ml usando el embudo y llénelo hasta los 100 ml. Con la pipeta graduada añada 5 ml de amoniaco en el otro matraz y llénelo con agua destilada hasta la marca. De esta manera se obtiene cada vez soluciones al 0,1 molar de las dos sustancias.

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor de conductividad y el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC.

Enjuague y llene la bureta de pistón con la solución de NaH_2PO_4 preparada (tenga presenta las instrucciones de servicio) y vierta en el vaso de precipitados 10 ml de solución de amoniaco, 100 ml de agua destilada y coloque una barrita agitadora sobre el agitador magnético de la bureta a motor. En el menú "Dosificar" (Dosieren) de la bureta ingrese 20 ml como volumen teórico y una velocidad de dosificación 2,0 ml/min.

Conecte el cable de conexión a las dos entradas derechas del relé R del Sensor-CASSY y por el otro lado a la entrada del pulsador de la bureta.

Para no alterar la medición de la conductividad al introducir el electrolito de referencia del electrodo pH enjuáguelo bien con agua destilada antes de ponerlo en funcionamiento. Además, para la compensación de presión deje libre la abertura superior del electrodo. Para su fijación en el soporte de la bureta, tenga en cuenta que el diafragma de medición del electrodo pH esté sumergido completamente en el líquido y que la barrita agitadora no dañe la membrana de vidrio con el movimiento.

Para las mediciones exactas el sensor de conductividad requiere, debido a su campo dispersivo, una profundidad mínima de inmersión de 2 cm y una distancia mínima de 1 cm a la pared del recipiente y los otros dispositivos (sensor pH, barrita agitadora). Por esto es mejor hacer la fijación en el propio soporte de mechero Bunsen.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas::

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.
- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga las distancias a las paredes del vaso de precipitados), ingrese en Ajustes CA1, bajo **Corregir** en la segunda línea,

el valor teórico y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.

- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad Química para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

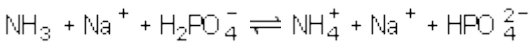
Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

- Si desea otra dosificación en la bureta diferente al volumen teórico especificado de 20 ml y a la velocidad de 2,0 ml/min, modifique los predeterminados en CASSY Lab. Esto concierne al parámetro n (índice de la tabla) en parámetros de medición y en Ajustes Relé/Fuente de tensión y la fórmula en Ajustes Volumen V.
- Inicie la titulación accionando la tecla **F9** o el botón . El registro de los datos y la dosificación del agente titulador de 0 a 20 ml se realizan automáticamente.

Evaluación

NH_3 y NaH_2PO_4 reaccionan según la siguiente ecuación:



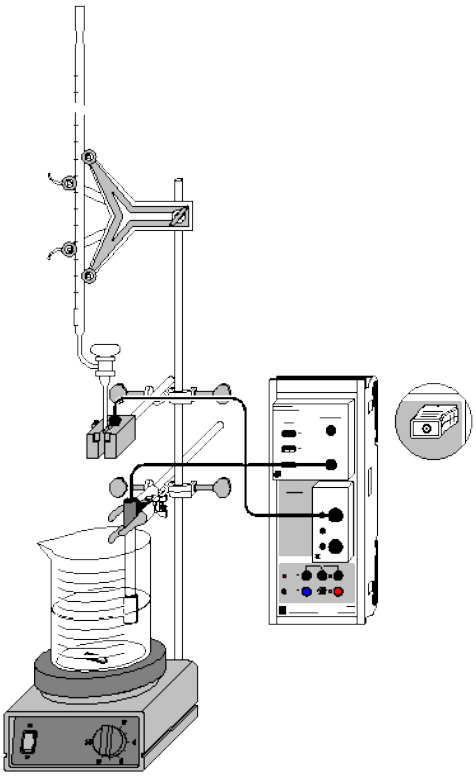
Como el amoniaco es sólo una base débil, al inicio de la reacción se encuentran muy pocos iones OH^- en la solución. Por esta razón la conductividad inicial es muy reducida y se incrementa en el transcurso de la titulación cuando empiezan a aparecer los productos de la reacción. Después de alcanzar el punto de equivalencia, es decir, después de la conversión completa del amoniaco, aumenta la conductividad tan sólo en la cantidad de iones de sodio y bifosfato, por lo que la curva de conductividad presenta un acodamiento notorio en el punto de equivalencia.

Para determinar gráficamente el punto de equivalencia a partir de la conductividad pulse el botón derecho del ratón en el sistema de coordenadas y seleccione **Efectuar Ajustes** y **Recta promedio**. Luego marque las porciones de curva que serán ajustadas con una recta; estas porciones de curva son las zonas a la derecha y a la izquierda de la curva de conductividad. El punto de corte de las dos rectas ajustadas indica, sobre el eje X, el volumen de neutralización para el amoniaco colocado. Márquelo con una línea vertical pulsando la combinación de teclas **Alt+V**.

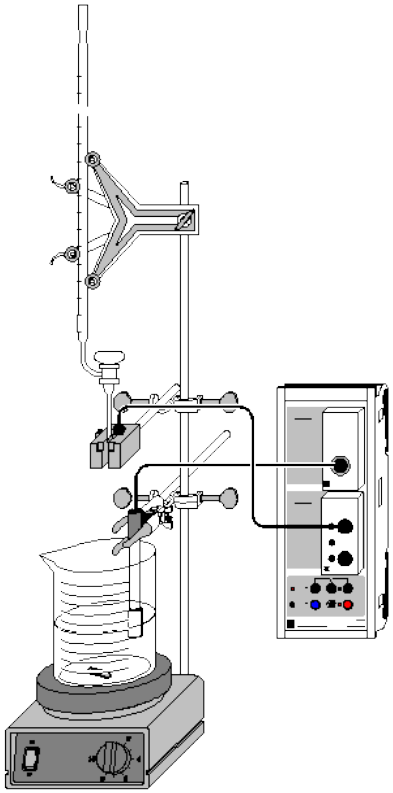
Para determinar el punto de equivalencia mediante la medición del pH en el diagrama seleccione con el botón derecho del ratón **Otras evaluaciones** y **Determinación del punto de equivalencia**. Después de marcar la curva CASSY Lab calculará automáticamente el punto de equivalencia y el punto de semiequivalencia. Los valores respectivos se encuentran en la línea de estado y pueden ser arrastrados hacia el diagrama como textos manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón.

Sin embargo, en el ejemplo la curva pH es tan aplanada que la determinación del punto de equivalencia no muestra un resultado razonable. En este caso mucho más confiable es una determinación del punto de equivalencia por medio de la conductividad.

Titulación automática (Cuentagotas)



Alternativamente con la unidad pH:



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Nota de peligro

Los ácidos y las lejías son corrosivos. Porte gafas protectoras y póngase zapatos y ropa de protección.

Descripción del ensayo

Una simplificación significativa del desarrollo de un ensayo sobre titulación es el uso de una barrera de luz como cuentagotas. A partir del número de gotas CASSY Lab calcula automáticamente el volumen añadido. Pero también la medición del valor pH y la inserción en el diagrama pH (V) se realiza automáticamente; para la evaluación sólo es necesario la lectura del volumen total exacto del agente de titulación añadido.

En este ejemplo de titulación del ácido fosfórico con potasa cáustica se muestra el procedimiento del uso de un cuentagotas.

En una solución acuosa el ácido fosfórico forma los siguientes equilibrios:

1. $H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H_3O^+$ $(pK_{a1} = 2{,}1)$

2. $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + H_3O^+$ $(pK_{a2} = 7{,}1)$

3. $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons PO_4^{3-} + H_3O^+$ $(pK_{a3} = 12{,}3)$

Como los valores pK_a se diferencian en 5, se puede suponer que los tres equilibrios son independientes unos de otros.

En la titulación con potasa cáustica se puede determinar las primeras dos etapas de protólisis del ácido fosfórico. En efecto, como el KOH en esencia no es una base más fuerte que el ión fosfato, el equilibrio 3 no se encuentra suficientemente a la derecha para poder determinar también el tercer punto de equivalencia.

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de pH S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de pH S	524 067(2)
1	Electrodo pH con conector BNC	667 4172
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni (si es necesario)	529 676
1	Unidad Timer	524 034
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16
1	Agitador magnético	666 845
2	Vasos de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
2	Mordazas en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad pH)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad pH	524 035
1	Electrodo pH de barra	667 424
1	Unidad Timer	524 034
1	Barrera luminosa multiuso	337 462
1	Cable de conexión, 6 polos	501 16

1	Agitador magnético	666 845
2	Vasos de precipitados, 250 ml, forma baja	664 103
1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Bureta, 50 ml	665 847
1	Embudo de bureta	665 816
1	Soporte simple de bureta	666 559
2	Mordazas en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Ácido fosfórico, 10 %, 100 ml	674 3440
Potasa cáustica, c = 1 mol/l, 1 l	672 4460
Solución tampón de pH 4,00, 250 ml	674 4640
Solución tampón de pH 7,00, 250 ml	674 4670
Agua destilada	

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el electrodo pH a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY conectado al PC. Cuando la desviación de la temperatura de 25 °C es grande, se recomienda el empleo de una sonda de temperatura en la entrada T_1. La temperatura medida de la solución se utiliza automáticamente para la compensación de la tensión obtenida en el electrodo pH.

Como alternativa a la unidad Química conecte el electrodo pH de barra a la unidad pH y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY.

En la entrada B del Sensor-CASSY conecte la unidad Timer con la barrera luminosa conectada a su vez a la entrada E mediante el cable de 6 polos.

Monte un aparato de titulación con el material de soporte disponible, el agitador magnético, el vaso de precipitados y la bureta.

Vierta justo 100 ml de agua destilada en el vaso de precipitados y con la pipeta 10 ml de ácido fosfórico ($c(H_3PO_4)$ aprox. 1,1 mol/l) al 10%; llene la bureta con potasa cáustica 1 molar hasta la marca del cero usando el embudo.

Regule la altura del montaje del electrodo pH de tal manera que el diafragma de medición esté sumergido completamente en el líquido y que la membrana de vidrio no sea dañada por la barrita agitadora en movimiento.

Con la varilla de soporte suministrada monte la barrera luminosa multiuso, debajo de la salida de la bureta de tal forma que las gotas que salen caigan a través de la horquilla de la barrera luminosa hacia el vaso de precipitados y se produzca una señal en el sensor de la barrera luminosa. El sensor se encuentra a aprox. 1 cm detrás de la abertura de la barrera luminosa. La liberación de una señal es visualizada en el instrumento indicador N_{B1} e indicada por el diodo luminoso rojo de la barrera luminosa. Para verificar su funcionamiento antes de iniciar con el ensayo deje caer algunas gotas en un vaso de precipitados vacío a través de la barrera luminosa. Luego ponga nuevamente el contador a cero en Ajustes Eventos NB1.

Calibración

Calibre el electrodo pH la primera vez y luego cada cierto tiempo para realizar mediciones precisas:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes valor pH pHA1.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 7,00 y agítelo brevemente.
- Como primer valor teórico ingrese 7,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir offset**.
- Enjuague el electrodo pH con agua destilada, sumérjalo en la solución tampón de pH 4,00 y agítelo brevemente.

- Como segundo valor teórico ingrese 4,00 y luego de alcanzar un valor estable haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Marque el Sensor-CASSY, el electrodo pH y la unidad Química o la unidad pH para que posteriormente puedan ser utilizados en la misma entrada (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

- Inicie la serie de mediciones con la tecla **F9** ó con el botón .
- Abra cuidadosamente la llave de la bureta y deje gotear lentamente la potasa cáustica.
- Cada cinco segundos se registra automáticamente un dato (Volumen y pH). Para ello se recomienda mantener una velocidad de goteo constante.
- Después de añadir aproximadamente 40 ml KOH cierre la llave, detenga la medición (**F9** ó ) y lea el número total de gotas (N_0) y el volumen exacto de KOH (V_0) añadido.

Evaluación

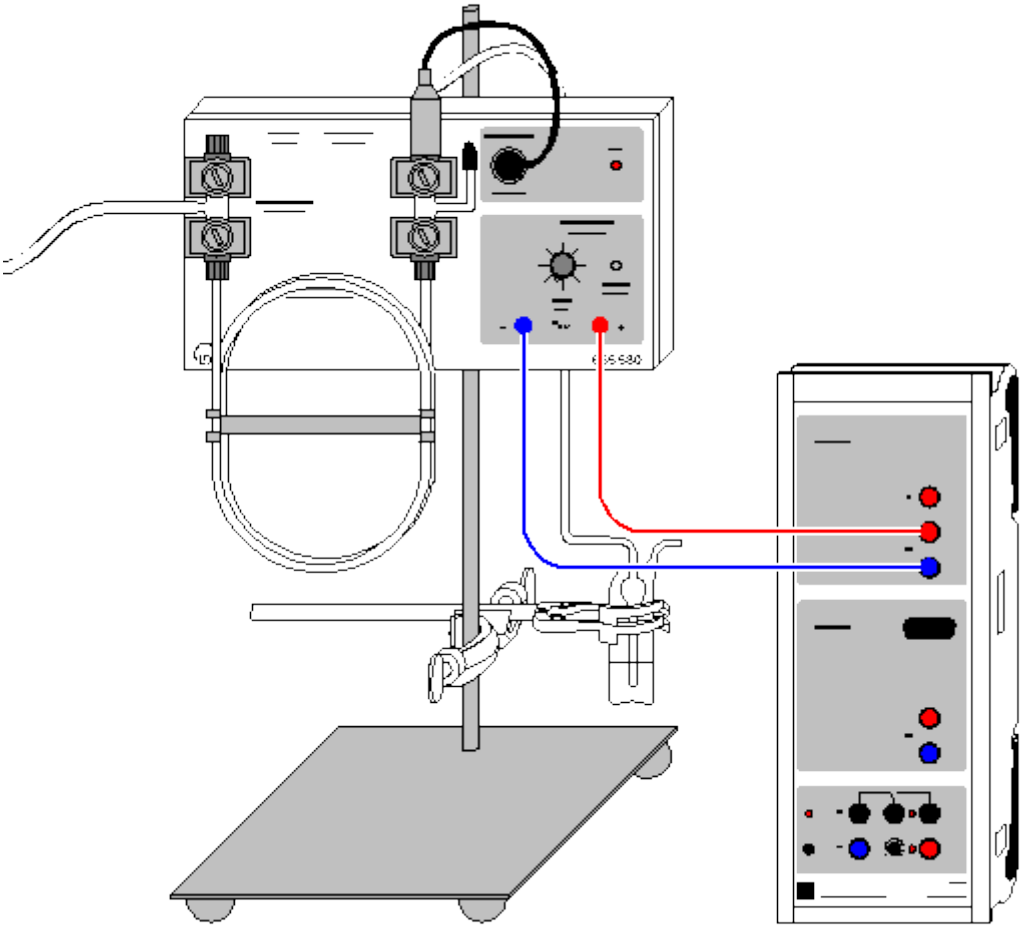
En primer lugar calcule el volumen promedio de una gota de KOH. Utilice la fórmula general "$N_{B1} * V_0 / N_0$" con N_{B1} como número de gotas, V_0 como volumen añadido total y N_0 como número total de gotas al final de la titulación. Para ello ingrese los valores leídos en lugar de "754" y "40" para N_0 y V_0 respectivamente en el campo Fórmula de Ajustes Volumen V.

La curva de titulación determinada automáticamente presenta varias zonas características que corresponden a las tres protólisis de equilibrio del ácido fosfórico.

La determinación de los puntos de equivalencia ($V = V_{eq}$) se efectúa fácilmente en CASSY Lab: Después de pulsar el botón derecho del ratón en el diagrama y seleccionar **Otras evaluaciones** y **Determinar punto de equivalencia** marque la porción de curva, dentro de la cual se debe determinar el punto de equivalencia. Una vez efectuada la marcación se visualizará automáticamente el punto de equivalencia calculado y el valor pK_a; los valores correspondientes se encuentran abajo, a la izquierda, en la línea de estado y pueden ser insertados como texto en un lugar cualquiera del diagrama.

Consulte el ejemplo de ensayo Titulación del ácido fosfórico para Otros posibles ensayos en CASSY Lab.

Cromatografía de gases (Separación de alcanos del gas del encendedor de bolsillo)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo de separación de alcanos del gas de un encendedor de bolsillo se mide la tensión, suministrada por el detector a la salida del registrados del cromatógrafo de gases, en función del tiempo.

Para el análisis cualitativo se debe determinar los tiempos de reacción de los picos individuales y comparar con los picos de las substancias de referencia.

Por favor tenga en cuenta también las instrucciones de servicio del cromatógrafo de gases usado.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Cromatógrafo de gases LD1	665 580
1	Columna de separación con dinonilftalato	665 583
1	Sensor Hidrocarburos	665 582
1	Bomba de aire	662 286
1	Cuentaburbujas	309 064 75
1	Jeringa de dosificación, 1 ml	665 957
1	Cánulas, 10 piezas	665 960
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45

1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Sustancias químicas requeridas

Gas de encendedor de bolsillo (Muestra)	
n-butano, latas de gas a presión	660 989
(Referencia)	
Válvula de regulación fina	660 980

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Monte el cromatógrafo de gases con la columna de separación (dinonilftalato) y el sensor de hidrocarburos (detector).
- Una de la entrada del cromatógrafo con la bomba de aire y la salida con el cuentaburbujas.
- Encienda la bomba de aire.
- Conecte el adaptador de alimentación al CG: LED en el cromatógrafo ilumina.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Con el regulador del cero del cromatógrafo ajuste la línea cero en aprox. U_{A1}=0,05 V.
- Inicie la medición de la muestra con **F9**.
- Tan pronto se registre una línea cero estable, detenga la medición de la muestra con **F9**.
- Con la jeringa de dosificación, al principio sin cánula, extraiga varias veces del encendedor, aprox.1 ml de gas. Luego coloque la cánula y expulse el gas hasta aprox. 0,05 ml. El gas restante de 0,05 ml inyéctelo en la cabeza de inyección del cromatógrafo.
- Inicie el registro del curso de la tensión nuevamente con **F9** y prosiga hasta que todos los picos esperados hayan aparecido y detenga nuevamente la medición con **F9**. Guarde la serie de medición.
- Para la identificación de los componentes individuales repita la experiencia con una sustancia de referencia, por ej. n-butano. Igualmente guarde la serie de medidas.

Evaluación

Mediante Zoom (menú de evaluación mediante la tecla derecha del ratón sobre el diagrama) se puede representar la porción de curva decisiva en toda la pantalla.

Para determinar los tiempos de retención se puede colocar una línea de marcación vertical trazada por el valor máximo de un pico o calcular el centro del pico. El tiempo de retención puede ser escrito como texto en el diagrama. La comparación del tiempo de retención del pico de referencia (n-butano) con sus componentes en la muestra indica que se trata de n-butano en la 4ta. sustancia.

Alternativamente las curvas de la muestra y de la sustancia de referencia pueden sobreponerse. Para ello cargue las curvas una tras otra y responda la pregunta "¿Desea cargar la nueva serie de medición adicionalmente a la serie de medición ya existente?" con "Si".

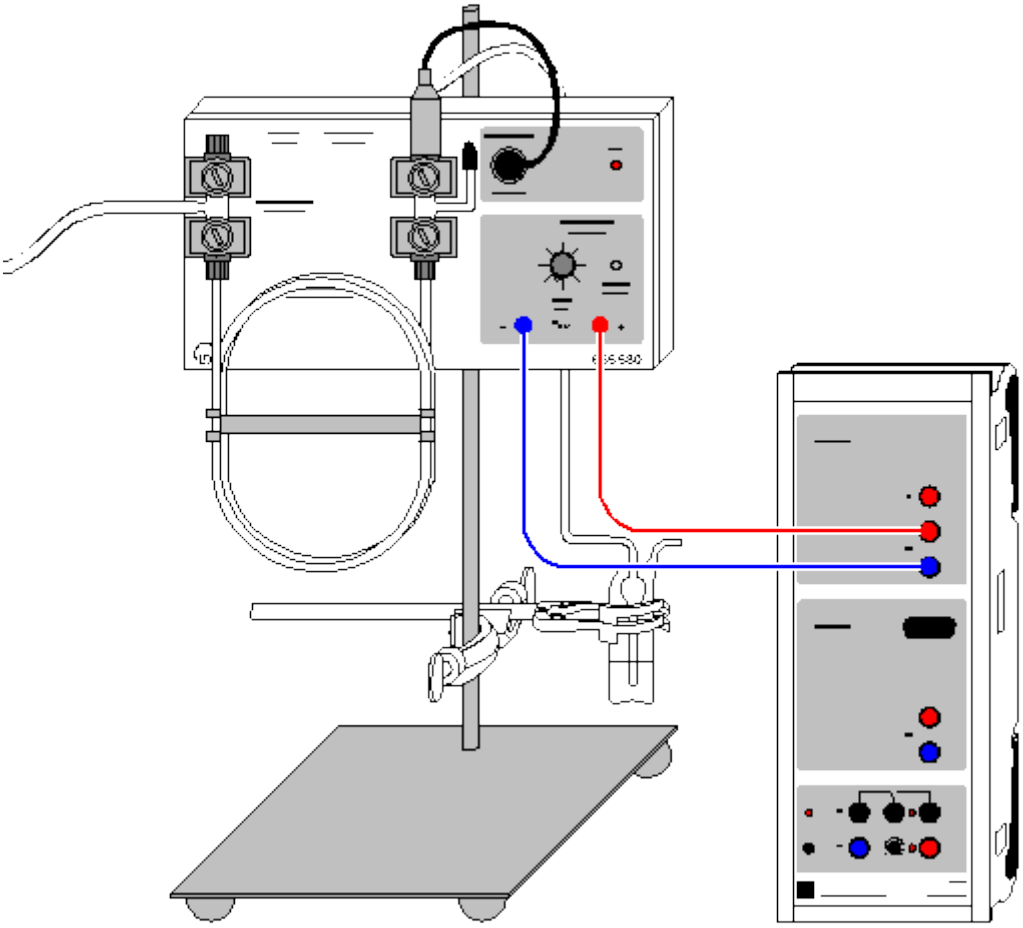
Nota: Las desviaciones de los tiempos de retención pueden surgir por variación de la temperatura ambiente durante las mediciones.

Ampliación/Variaciones

Como se describió en el ejemplo del n-butano, con las substancias de referencia respectivas (etano, propano, i-butano) se puede también identificar los otros componentes del gas de encendedor de bolsillo.

Con el registro de cromatogramas de los gases de diferentes encendedores es posible comprobar la composición diferentes del gas de los mismos.

Cromatografía de gases (Separación de alcoholes)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo acerca de la separación de diferentes alcoholes se mide la tensión, suministrada por el detector, en función del tiempo. La tensión es tomada a la salida del registrador del cromatógrafo.

Para el análisis cualitativo se puede determinar los tiempos de retención de los picos individuales. La determinación de las superficies de los picos por integración permite el estudio cuantitativo de la muestra.

Por favor, tenga en cuenta las instrucciones de servicio del cromatógrafo utilizado.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Cromatógrafo de gases LD1	665 580
1	Columna de separación (Porapak P)	665 584
1	Sensor hidrocarburos (Detector´)	665 582
1	Bomba de aire	662 286
1	Cuentaburbujas	309 064 75
1	Jeringa de microlitros, 1 µl	665 617
1	Cánulas de recambio, 3 piezas	665 616
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias químicas requeridas

Metanol, 250 ml	673 2700
Etanol, abs., 250 ml	671 9700
Propanol-1, 250 ml	674 4310
Propanol-2, 250 ml	674 4400

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Prepare la muestra, por. ej. una mezcla de diferentes alcoholes como: metanol, etanol y propanol.
- Monte el cromatógrafo de gases (GC) con columna de separación (Porapak P) y sensor hidrocarburos (Detector).
- Una la entrada del GC con la bomba de aire, la salida con el cuentaburbujas.
- Encienda la bomba de aire.
- Conecte al GC con el adaptador de alimentación: el LED del GC ilumina.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Con el regulador del cero en el GC ajuste la línea cero en aprox. U_{A1}=0,05 V.
- Inicie la medición de la muestra con **F9**.
- Tan pronto como se registre una línea cero estable detenga la medición de la muestra nuevamente **F9**.
- Con la jeringa de microlitros inyecte 0,5 µl de la mezcla de alcohol en la cabeza de inyección del GC.
- Inicie nuevamente el registro del curso de la tensión con **F9** y continúe todo el tiempo hasta que los picos esperados aparezcan y detenga la medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

Por medio de la función Zoom (del menú de evaluación que se ejecuta haciendo un clic sobre el diagrama con la tecla derecha del ratón) se puede representar la sección de curva relevante en toda la pantalla.

Para determinar los tiempos de retención se puede colocar una línea de marcación vertical a través del valor máximo de un pico o calcular el centro del pico. El tiempo de retención puede ser escrito en el diagrama como texto.

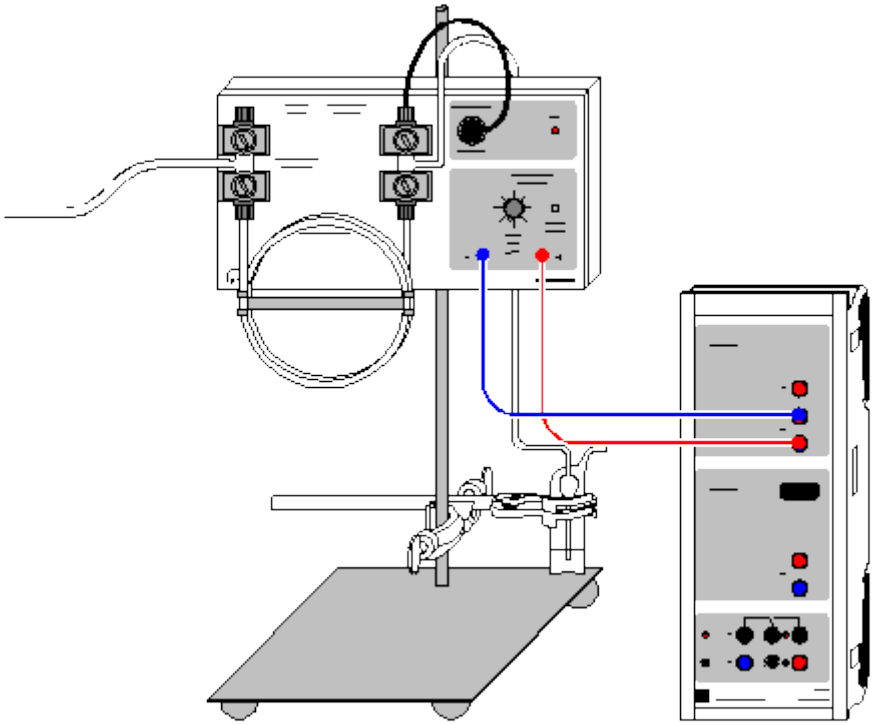
Para el análisis cuantitativo de la mezcla se determina la superficie del pico mediante integración. Luego se determina el porcentaje de la superficie de un pico referido a la superficie total de todos los picos. En el ejemplo la superficie total de todos los picos es 950 Vs. El porcentaje de la superficie que corresponde al etanol es entonces 206 Vs / 950 Vs = 22 %. La determinación exacta de la concentración se realiza por medio de la calibración con las substancias individuales o según el método de adición.

Ampliación/Variaciones

Después del registro de una serie de calibración para concentraciones de etanol conocidos se puede determinar el contenido de etanol de diferentes bebidas.

Al calentar la columna en un baño de agua también es posible separar alcoholes de cadenas largas.

Cromatografía de gases (Separación del aire)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo sobre la separación de gases en aire se mide la tensión, suministrada por el detector de conductividad térmica a la salida del registrador del cromatógrafo de gases, en función del tiempo. Como gas portador se utiliza hidrógeno que se toma de un acumulador de hidruro metálico.

La determinación de las áreas de los picos por integración permite el análisis cualitativo de las muestras. Para el análisis cualitativo se puede determinar los tiempos de retención de los picos individuales y compararlos con los de las substancias de referencia.

Por favor también tenga en cuenta las instrucciones de servicio del cromatógrafo de gases usado.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Cromatógrafo de gases LD1	665 580
1	Columna de separación con tamiz molecular	665 585
1	Detector de conductividad térmica	665 581
1	Acumulador de hidruro metálico	661 005
1	Válvula de regulación	666 4792
1	Cuentaburbujas	309 06 475
1	Jeringa de dosificación, 5 ml	665 955
1	Cánulas, 10 piezas	665 960
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

- Monte el cromatógrafo de gases con la columna de separación (tamiz molecular) y el detector de conductividad térmica (WLD).

- Una la entrada del cromatógrafo con acumulador de hidruro metálico y la válvula de regulación; la salida con el cuentaburbujas.
- Para que el hidrógeno pase por el cromatógrafo abra la válvula de regulación.
- Conecte el adaptador de alimentación al cromatógrafo: LED en el cromatógrafo ilumina.
- Para obtener una señal positiva, cambie la polaridad en los cables de conexión al CASSY (la conductividad térmica de las substancias a separar es menor que la del hidrógeno).

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Con los reguladores del cero en el CG ajuste la línea cero en aprox. U_{A1}=0,05 V.
- Inicie la medición de la muestra con **F9**.
- Tan pronto como se registre una línea cero estable detenga la medición nuevamente con **F9**.
- Con la jeringa de dosificación inyecte 2 ml de aire en la cabeza de inyección del cromatógrafo.
- Inicie el registro del curso de la tensión nuevamente con **F9** y prosiga hasta que todos los picos esperados hayan aparecidos y detenga la medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

Mediante Zoom (menú de evaluación mediante la tecla derecha del ratón sobre el diagrama) se puede representar la porción de curva decisiva en toda la pantalla.

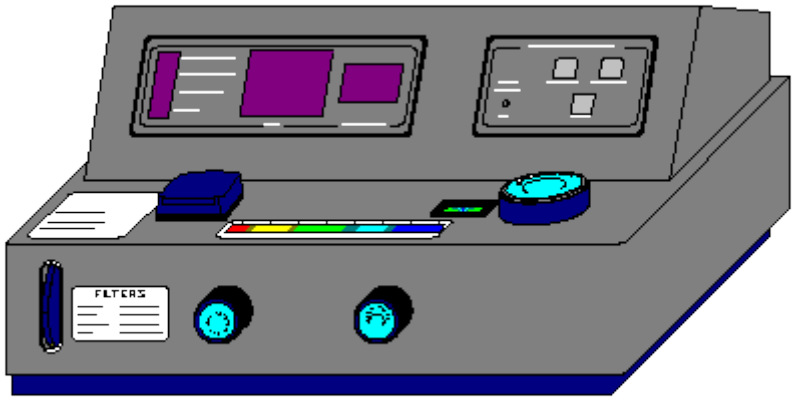
Para el análisis cuantitativo de la mezcla se determina las áreas de los picos por Integración. Luego se determina el porcentaje de la superficie de un pico referido al área total de todos los picos. En el ejemplo el área total de todos los picos es de 37,85 Vs. El porcentaje de superficie del primer componente (oxígeno) es entonces 8,12 Vs / 37,85 Vs = 21 %. La segunda sustancia (nitrógeno) obtenida es 29,73 Vs / 37,85 Vs = 79 %. Mediante una capacidad térmica similar de los dos gases uno se ahorra la calibración requerida para una determinación exacta de la concentración, con cada una de las substancias o según el método de adición.

Nota: La subida de la línea cero (Deriva) a partir del segundo pico es causada por la variación de la temperatura ambiente durante la medición.

Ampliación

Como con este montaje también es posible la separación del monóxido de carbono y metano, esto permite realizar el análisis de otras mezclas de gases como por ejemplo Biogas.

Registro del espectro de una solución de clorofila en bruto (con el fotómetro espectral 667 3491)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Para el registro del espectro se registra la transmisión de la solución de clorofila en el rango de longitudes de onda de 360 hasta 800 nm. A partir del espectro se puede determinar finalmente los máximos de absorción de los colorantes de las hojas (el espectro de actividad de la fotosíntesis).

Equipo requerido

1	Fotómetro espectrómetro digital	667 3491

Para elaborar la solución de clorofila en bruto se requiere:

1	Mortero	667 094
1	Pistilo	667 095
1	Matraz Erlenmeyer, 100 ml, SB 19	664 241
1	Tapones de goma, SB 19	667 255
1	Embudo	602 670
1	Filtro redondo, d=110 mm, 100 pz.	661 034
1	Arena de mar, limpiada, 250 g	674 8200
1	Acetona, 250 ml	670 0400

Peligro


La acetona es fácilmente inflamable. Manténgala lejos de fuentes de encendido.

Preparación del ensayo

- Desmenuzar hojas de ortiga seca (té) - alternativamente puede utilizar gras fresco u otras hojas - y ponerlas en el mortero.
- Añada un poco de arena de mar y luego muy poca acetona para poder conseguir una masa pastosa.
- Después de uno a dos minutos de amasado añada aprox. 10 a 20 ml de acetona y mezcle la masa.
- Filtre la solución conseguida, claramente verde, con ayuda del embudo y un filtro redondo doblado en el matraz Erlenmeyer.
 En caso de no ejecutar inmediatamente el ensayo, cierre el matraz Erlenmeyer con la solución de clorofila y póngalo en un lugar oscuro.
- Para el ensayo diluya una parte de la solución hasta conseguir que la transmisión sea de 0 % en 605 nm.
- Conecte al ordenador el fotómetro espectral digital con el cable serie y enciéndalo. Tenga en cuenta las instrucciones de servicio del aparato.
- En el ordenador inicie el programa CASSY Lab. Selecciona el puerto serie utilizado y como dispositivo a conectar el **Fotómetro espectral digital (667 3491)**.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Llene una cubeta redonda con aprox. ¾ de la solución de clorofila (solución en estudio) y la solución de referencia (disolvente puro, aquí: Acetona).
- En el espectrómetro espectral ingrese la longitud de onda inicial de 340 nm. (Véase las instrucciones de servicio del aparato para el manejo general del aparato.)
- Con la cubeta de referencia realice la calibración del 100 %T, luego coloque la cubeta de la muestra.
- Acepte el dato indicado y la longitud de onda respectiva pulsando la tecla **F9** (o haga un clic sobre el símbolo de la hora). El valor será representado en la tabla y en el gráfico.
- Aumente la longitud de onda en 5 nm y realice nuevamente la calibración y la medición.
- Después de alcanzar la longitud de onda de 800 nm finalice la medición.

Nota

Con las condiciones de medición descritas aquí el registro toma aproximadamente 1 hora. La duración de la medición puede ser menor si se mide sólo cada 10 nm y/o hasta los 730 nm.

Evaluación

La representación del espectro puede ser realizado tanto como Transmisión T, como Absorción A = 100-T o como Extinción E = -log(T/100).

Claramente se puede reconocer una fuerte absorción (escasa Transmisión) en el rango de 405 nm (luz azul) y 660 nm (rojo anaranjado). Para la determinación y marcado se debe colocar una línea vertical como marca por medio del menú de evaluación (tecla derecha del ratón sobre el gráfico). Con Texto uno puede escribir la longitud de onda marcada en la línea o curva.

Debido a la absorción en estas partes del espectro de luz visible sobresale más intensamente la parte restante en reflexión (superficie de la hoja) o en transparencia (solución). Esta parte que se encuentra en aprox. 550 nm corresponde a la componente verde de la luz, que es la causa del por qué una solución de clorofila parece verde y las hojas son igualmente verdes.

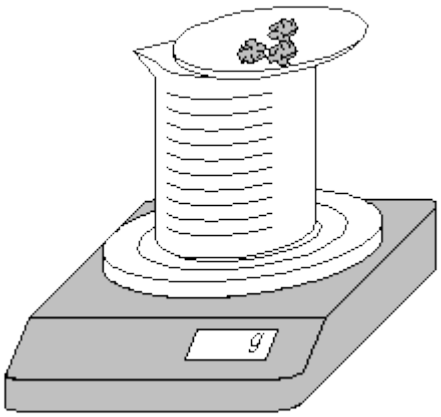
Una irradiación en los máximos de absorción produce el más alto rendimiento en la fotosíntesis, es decir, el comportamiento de la curva de absorción o extinción representa el espectro de actividad de la fotosíntesis.

Visto en detalle este espectro es la superposición de tres espectro simples: el de Clorofila a, Clorofila b y β-Carotina. Para separar los colorantes individuales se puede utilizar, por ejemplo, la cromatografía de secciones delgadas.

Otros posibles ensayos

- Además de clorofila también se puede estudiar espectros de cualquier otra solución colorante.
- Para la ejecución rápida de la medición se puede elegir una resolución un poco más gruesa (por ej. en pasos de 10 nm) y otro rango de la longitud de onda.
- Un registro esencialmente más rápido y confortable de espectro lo permite el fotómetro de matriz de diodos (667 347).
- La dependencia de la transmisión y extinción de la concentración puede ser ilustrada mediante la medición de una serie de concentraciones de por ej. una solución de sulfato de cobre en el máximo de absorción.
- Para estudios de cinética (por ej. la decoloración del violeta cristal) se mide en el máximo de absorción en función del tiempo. Sobre las posibilidades de la entrada de fórmulas y las respectivas representaciones y evaluaciones se puede determinar, tanto el orden de la reacción, como la constante de velocidad de la reacción.

Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del carbonato)



Cargar ejemplo

Indicación para evitar peligros

El ácido clorhídrico es corrosivo. Porte gafas de protección.

Descripción del ensayo

Debido a que se produce CO_2 durante la reacción del mármol con el ácido clorhídrico se presenta una disminución de masa, la cual puede ser registrada con una balanza (no se requiere CASSY).

Equipo requerido

1	CASSY Lab	524 200
1	Balanza electrónica con salida de datos	667 795
	y cable de conexión	729 769
	o	
1	Balanza electrónica con	667 7780
	módulo de montaje y	667 7791
	cable interfaz	667 7796
1	Vaso de precipitado, 250 ml, bajo	664 130
1	Vidrio de reloj, ∅ = 80 mm	664 154
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias químicas requeridas

Mármol, pedazos, 250 g	673 2500
Acido clorhídrico, c = 2 mol/l, 500 ml (aprox. 6-7%ig)	674 6920

Preparación del ensayo (véase el esquema)

En el ensayo se pueden utilizar el programa de balanzas que LD Didactic distribuye: Sartorius, Mettler y Ohaus con salida de datos serial.

La balanza se conecta a un puerto serie del ordenador (por ej. COM2) a través del cable de conexión. Como los cables de los diferentes fabricantes son diferentes, es necesario utilizar el cable interfaz previsto por el fabricante para garantizar el funcionamiento correcto del enlace al ordenador.

Llene el vaso de precipitados con aprox. 100 ml de ácido clorhídrico al 6% y colóquelo sobre la balanza. Sobre el vaso ponga el vidrio de reloj. Presione la tecla Tara para poner a la balanza en la posición cero. Luego pese 5 g de pedazos de mármol sobre el vidrio de reloj.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Asigne a la balanza como instrumento de medición en General (por ej. mediante **F5**) el puerto serie deseado (por ej. COM2).

- En Ajustes Masa m ajuste la velocidad de transmisión y el modo de la balanza:
 Ajustes ex-fábrica en la balanza Sartorius:
 Modo: 7O1
 Velocidad de transmisión: 1200
 Ajustes ex-fábrica en la balanza Mettler:
 Modo: 8N1
 Velocidad de transmisión: 9600
- En un punto los ajustes ex-fábrica de la balanza deben ser modificados. Para ello tenga en cuenta las instrucciones de servicio de la balanza:
 Sartorius: Transmisión de datos como "Impresión automática sin estabilidad" en lugar "Impresión individual después de estabilidad".
 Mettler: Transmisión de datos continua ("S.Cont")
- Indicación de todos los valores de masa enviados (Solución de problemas).
- Introduzca los pedazos de mármol en el cálculo del porcentaje de masa. Con tal propósito reemplace en Ajustes w el valor del ejemplo 4,96 por el valor actual indicado.
- Inicie la medición con **F9**.
- Inmediatamente haga que empiece la reacción, haciendo que los pedazos de mármol resbalen del vidrio de reloj hacia el vaso de precipitados. Deje el vidrio inclinado sobre el vaso de precipitados.
- Registre la reacción hasta que se disuelva completamente el mármol y obsérvela.
- Detenga la medición con **F9**.

Evaluación

Se puede corregir las fluctuaciones de peso perturbadoras causadas por el "ladeo hacia adentro" del mármol, haciendo un clic con el ratón sobre el "valor extraño" en la tabla y poniéndolo al valor inicial (en el ejemplo: 4,96 g).

De los cursos de las curvas de la masa m (en g) o de los porcentajes de w (en %) se puede reconocer en primer lugar una alta velocidad de reacción que continuamente (exponencialmente) disminuye, porque la concentración de los reactantes (o el número de moléculas reactantes o iones) es cada vez menor.

Del valor final de la masa, para ser tomado de preferencia de la tabla, se puede determinar el porcentaje de CO_2 que escapa del mármol ($CaCO_3$) en la reacción:

$CaCO_3 + 2\ HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

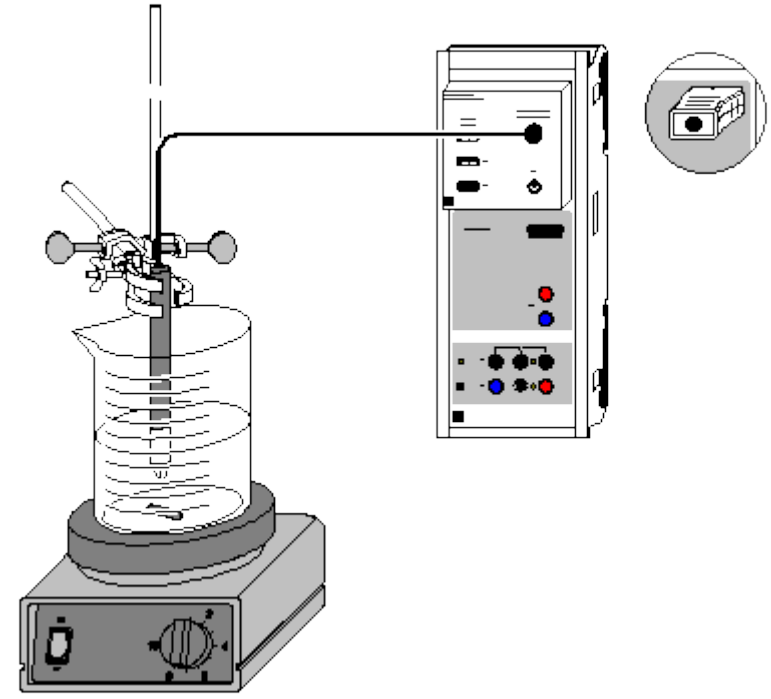
El porcentaje de CO_2 encontrado experimentalmente después de la serie de medición del ejemplo resulta

$m_{CaO} = 2{,}85\ g/4{,}96\ g = 57{,}5\ \%$ $m_{CO2} = 100\ \% - 57{,}5\ \% = 42{,}5\ \%$

y el valor teórico

$m_{CO2} = CO_2/CaCO_3 = 44{,}0\ g/100{,}0\ g = 44{,}0\ \%$.

Descomposición de la urea mediante ureasas (Reacción de orden 0)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La observación de la descomposición enzimática de la urea mediante ureasas es muy interesante pues permite tener varios puntos de vista. En primer lugar, esta reacción puede servir como ejemplo para una reacción de orden cero. Este orden de reacción es mostrado en el aumento lineal de la concentración del producto.

En ella se puede observar la cinética de la catálisis: en primer lugar el sustrato y la enzima se encuentran en equilibrio con un complejo de enzima-sustrato. Este equilibrio ya puede ser comparado con la acumulación de un sustrato, determinado por la difusión, en una superficie catalíticamente activa. En un segundo paso, el complejo enzima-substrato es transformado rápidamente en los productos.

Además, la reacción puede ser utilizada como introducción a la cinética de enzimas: a partir de varias mediciones se puede determinar la velocidad máxima de reacción, la constante de Michaelis y la concentración de enzimas.

Como en el curso de la hidrólisis de la urea

$$H_2N\text{-}CO\text{-}NH_2 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{Urease}} 2\,NH_4^+ + CO_3^{2-}$$

se produce carbonato de amonio disociado en varios iones, la reacción puede ser seguida mediante mediciones de conductividad. La concentración de los productos y la velocidad de la reacción se calcula a partir de los datos obtenidos.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Agitador magnético	666 845

1	Varilla de soporte, 450 mm, rosca M10	666 523
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma alta	664 137
1	Vaso de precipitados, 150 ml, forma alta	602 010
2	Navículas de pesar	602 763
1	Pipeta graduada, 10 ml	665 997
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Matraz aforado, 100 ml	665 793
1	Vidrio de reloj, por ej. 80 mm	664 154
1	Embudo de polvo, por ej. 60 mm	602 681
2	Tubos de ensayos de	664 043
2	Tapones de goma, ∅ 14...18 mm	667 253
1	Espátula	666 961
1	Balanza, resolución 0,01 g	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Carbonato de amonio, por ej. 100 g	670 3900
Urea, por ej. 100 g	672 1700
Ureasas (1 U/mg), por ej. 5 g	675 2810
Sulfato cúprico $5H_20$, por ej. 100 g	672 9600
Agua destilada	

Nota acerca de las sustancias químicas

A temperatura ambiente las ureasas se desnaturalizan en pocas horas. Por esta razón, las ureasas no pueden estar fuera del refrigerador por más de unos cuantos minutos.

El carbonato de amonio reacciona en el aire lentamente y se convierte en bicarbonato de amonio. Esto altera la medición de la conductividad. No utilice antiguas reservas.

Preparación de las soluciones

Pese 0,96 g de carbonato de amonio en el vidrio de reloj y enjuáguelo vertiéndolo hacia el matraz aforado de 100 ml usando el embudo. Llene el matraz hasta la marca y disuelva completamente el carbonato de amonio.

En navículas individuales pese 0,10 g de ureasas y 0,60 g de urea. Llene las sustancias en los dos tubos de ensayo y eventualmente enjuague el resto que todavía permanece en las navículas de ensayo con 10 ml de agua destilada exactos vertiéndolo hacia el tubo mediante la pipeta.

Cierre los tubos de ensayos con tapones de goma y disuelva las sustancias agitando los tubos de ensayos. Se obtiene 10 ml de una solución de urea unimolar y 10 ml de una solución de ureasas con una actividad enzimática de 10000 U/l. Es decir, con la actividad indicada de ureasas de 1U/mg se puede transformar 10 mmol del substrato por minuto y litro.

Calibración

Cargar ajustes

La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab.

Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego hacer un clic sobre el botón **Corregir factor**.

Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras.

- Para ello primero enjuague el vaso de precipitados de 100 ml y el sensor de conductividad con agua destilada, luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora.
- En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga las distancias a las paredes del vaso de precipitados), ingrese en Ajustes CA1, bajo **Corregir** en la segunda línea, el valor teórico y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.

Preparación del ensayo (véase el bosquejo)

Enchufar la unidad Química, con el sensor de conductividad, a la entrada A del Sensor-CASSY.

Enjuague el vaso de precipitados de 100 ml y el sensor de conductividad con aprox. 30 ml de la solución de carbonato de amonio. Evacue la solución de enjuague, llene el vaso de precipitados con la solución de carbonato de amonio restante y mida la conductividad de esta solución. Al mismo tiempo tenga en cuenta que el sensor de conductividad esté sumergido unos 2 cm y que la distancia mínima a las paredes del recipiente sea de 1 cm (véase sus instrucciones de servicio).

En el campo Fórmula de Ajustes κ1 ingrese el valor medido en lugar del predeterminado. Éste es requerido para el cálculo de la concentración de urea, ya que se supone que después de una hidrólisis completa de la urea se obtiene una solución de carbonato de amonio 0,1 M.

Con el agitador magnético, el material de soporte disponible, el sensor de conductividad y el segundo vaso de precipitados monte un aparato para la medición de la conductividad. Tenga presente la distancia mínima del sensor de conductividad a las paredes del recipiente y de la barrita de agitación.

Con la pipeta graduada llene el vaso de precipitados con 80 ml exactos de agua destilada. Añada la solución de urea y encienda el agitador magnético. La conductividad mostrada en el instrumento indicador C_{A1} no debe sobrepasar el valor de 0,02 mS/cm para sustancias puras.

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

- Inicie la medición con **F9** o el botón .
- Vierta la solución de ureasas a la solución de urea en el vaso de precipitados.
- Después de 2 a 3 minutos añada con la espátula algunos cristales de sulfato de cobre a la solución. Marque en el diagrama el momento en que se añade el sulfato de cobre con una línea vertical pulsando la combinación de teclas **Alt+V**.
- Espere hasta que la curva de conductividad transcurra nuevamente de forma lineal, luego termine la medición con **F9** ó con el botón .

Evaluación

Para la evaluación se ha preparado varios diagramas:

1. En el diagrama **Conductividad específica** se ha graficado la conductividad en función del tiempo. Claramente se puede apreciar un aumento casi lineal antes de añadirse el sulfato de cobre y una sección casi horizontal después de la disolución completa del mismo. Esto muestra la acción de un metal pesado como veneno enzimático.

2. El diagrama **Concentración de urea** muestra el curso de la concentración de la urea calculada a partir de la conductividad específica. Esto sucede según la siguiente Fórmula:

$$[NH_2CONH_2] = \frac{\kappa_1 - C_{A1}}{\kappa_1 - \kappa_0} \cdot 100 \ \text{mmol/l}$$

en donde κ_1 es la conductividad medida de la solución de carbonato de amonio antes de realizar el ensayo (conductividad al término de la reacción), C_{A1} es la conductividad medida en el instante t, κ_0 es la conductividad de la solución al inicio de la reacción y 100 mmol/l es la concentración de la urea al inicio de la reacción. Para calcular la concentración de la urea se debe ingresar el primer valor de la conductividad de la medición en el campo Fórmula, en Ajustes κ0, en lugar del predeterminado.

Este cálculo de la concentración de urea es correcto hasta el momento en que se añade el sulfato de cobre (zona A en el diagrama); luego C_{A1} también es influenciada por los iones de cobre y los iones sulfato presentes (zonas B y C). Sin embargo, después de la disolución completa del sulfato de cobre el cambio relativo de conductividad (y con ello la pendiente de la curva de la concentración de urea) depende nuevamente de la hidrólisis de la urea posterior (C) y es por esta razón que también se puede determinar la velocidad de la reacción después del envenenamiento de las ureasas.

La pendiente de las rectas resultantes en la curva de la concentración de urea en función del tiempo indica el valor de $k_2 \cdot$ [ES]. Como [ES] en el equilibrio dinámico es casi constante (véase el fundamento teórico), la velocidad de la reacción r resulta ser casi una recta. Para el cálculo de la velocidad inicial de la reacción se aplica una recta a la porción de curva hasta $t \approx 60$ s. Con tal propósito pulse el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione **Realizar ajustes** y **Recta**

promedio y marque la porción de curva hasta el valor arriba mencionado. La pendiente de la recta queda indicada como parámetro A en la línea de estado, abajo, a la izquierda. Para insertarla en el diagrama pulse el botón izquierdo del ratón o la combinación de teclas **Alt+T**. Igualmente se determina la pendiente de la segunda porción de curva (lineal) luego de añadir el sulfato de cobre. Al comparar las dos pendientes se concluye que la reacción se ha detenido casi completamente.

3. En el diagrama **Velocidad de la reacción** se ha graficado la derivada de la concentración de urea con respecto al tiempo. Claramente se puede ver con claridad la constancia de la velocidad de reacción antes de añadir $CuSO_4$ y luego la velocidad de la reacción casi 0. Para mostrar la notoria diferencia inserte una línea horizontal en el valor (en el diagrama **Concentración de urea**) determinado para $k_2 \cdot [ES]$. Se sugiere hacer una comparación con el diagrama **Velocidad de la reacción** del ensayo Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del orden de la reacción) para mostrar la diferencia entre una reacción de primer orden y esta reacción de orden cero.

Fundamento teórico

La velocidad de reacción r está definida como el cambio temporal de la concentración de una de las sustancias reactantes o de uno de los productos; está pues referida a una de las sustancias que participan en la reacción. El cambio de la concentración del educto contribuye negativamente en el cálculo, los productos positivamente. En la disociación enzimática de la urea, la velocidad de la reacción referida a la concentración de urea se cumple:

$$r_{H_2NCONH_2} = -\frac{d\left[H_2NCONH_2\right]}{dt}$$

La reacción se lleva a cabo bajo catálisis de la enzima ureasas. El mecanismo puede ser descrito de la siguiente manera (E: Enzima ureasas, S: Sustrato urea, ES: Complejo enzima-sustrato, P: Productos):

$$E + S \underset{k_1'}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \xrightarrow{k_2} P$$

La velocidad de reacción de la descomposición de la urea se rige de acuerdo a la ley de velocidad:

$$r_{H_2NCONH_2} = -\frac{d\left[H_2NCONH_2\right]}{dt} = k_2 \cdot \frac{k_1}{k_1'} \cdot [E] \cdot [S] = k_2 \cdot [ES]$$

La reacción es pues de primer orden respecto a [ES].

Como la enzima E actúa como catalizador, su concentración total permanece igual en el curso de la reacción. Cuando la concentración del sustrato es suficiente se establece un estado estacionario, en el cual la velocidad de formación y la velocidad de descomposición del complejo enzima-sustrato tienen el mismo valor:

$$k_1 \cdot [E] \cdot [S] = (k_1' + k_2) \cdot [ES]$$

Por esta razón la concentración [ES] es constante durante la reacción, en donde su valor absoluto se orienta según cuan grandes sean las constantes de velocidad. Tal caso es denominado equilibrio dinámico. En la formación de los productos de la reacción P esto se traduce en la constancia de la velocidad de reacción y por ello, la curva de la concentración de urea tiene un curso lineal. De esta manera, la descomposición de la urea mediante ureasas sigue la ley de velocidad de orden cero:

$$r_{H_2NCONH_2} = k_2 \cdot [ES] = k_3$$

Debido a que la velocidad de la reacción depende realmente de [ES] y esta dependencia no sale a la luz por la constancia de [ES], se habla de una reacción de seudo-orden cero.

Para determinar la constante de velocidad de tal reacción se debe determinar la pendiente de la recta en el diagrama de concentración de la urea en función del tiempo.

Que las ureasas se descomponen a temperatura ambiente se muestra en la reducción de la velocidad de la reacción cuanto mayor es el tiempo que dura el ensayo. La linealidad de la curva para la concentración de la urea sólo se da al inicio de la reacción.

Otros posibles ensayos

Una serie de ensayos con diferentes concentraciones iniciales de urea (por ej. 0,005 mol/l, 0,01 mol/l, 0,025 mol/l, 0,05 mol/l, 0,075 mol/l, 0,1 mol/l, 0,2 mol/l) haría posible un estudio más preciso de la cinética de las reacciones enzimáticas. Con tal propósito grafique un nuevo diagrama la velocidad de reacción en función de la concentración inicial de urea.

A partir de la velocidad máxima de reacción resultante $r_{máx}$ se puede determinar la constante de Michaelis K_m. K_m está definida como

$$K_m = \frac{k_1' + k_2}{k_1} = \frac{[E] \cdot [S]}{[ES]} \quad (1)$$

y depende de la velocidad de reacción por

$$r = k_2 \cdot ([E] + [ES]) \cdot \frac{[S]}{K_m + [S]} \quad (2)$$

Si se supone que $r_{máx}$ ha sido alcanzada cuando se ha saturado la enzima con el sustrato, entonces en ½ $r_{máx}$ la mitad de la enzima estará presente como complejo enzima-sustrato. Entonces [E] = [ES]; de (1) se tiene que

$K_m = [S]$ para ½ $r_{máx}$.

De allí que para altas concentraciones del sustrato se cumple que:

$$r_{max} = k_2 \cdot ([E] + [ES]) \quad (3)$$

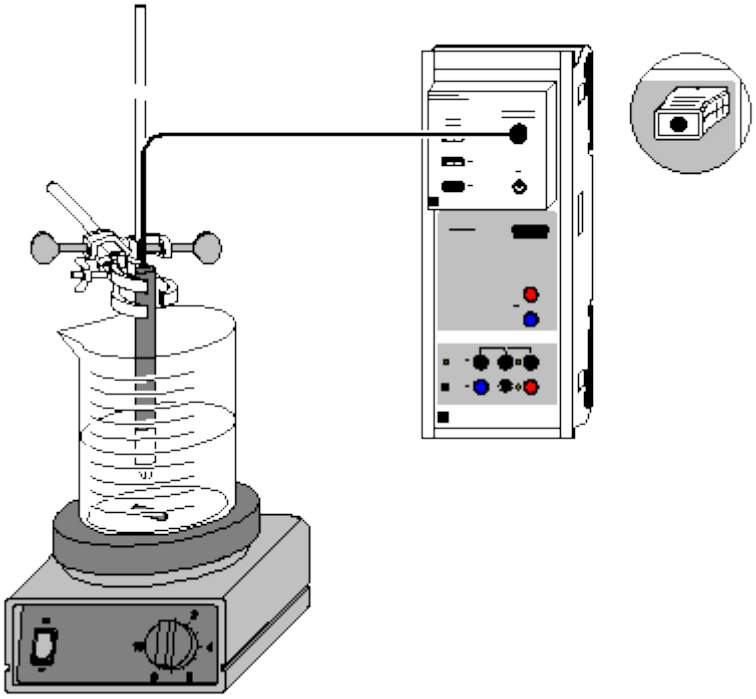
Con la constante de Michaelis y la velocidad máxima de la reacción, la velocidad de reacción de una mezcla enzima-sustrato es fácil de calcular según (2) y (3).

La constante de Michaelis se determina a partir de la concentración del sustrato para ½ $r_{máx}$. Con más precisión K_m se determina con un gráfico de 1/r en función de 1/[S] según Lineweaver-Burk. El gráfico está basado en una transformación de (2) y (3):

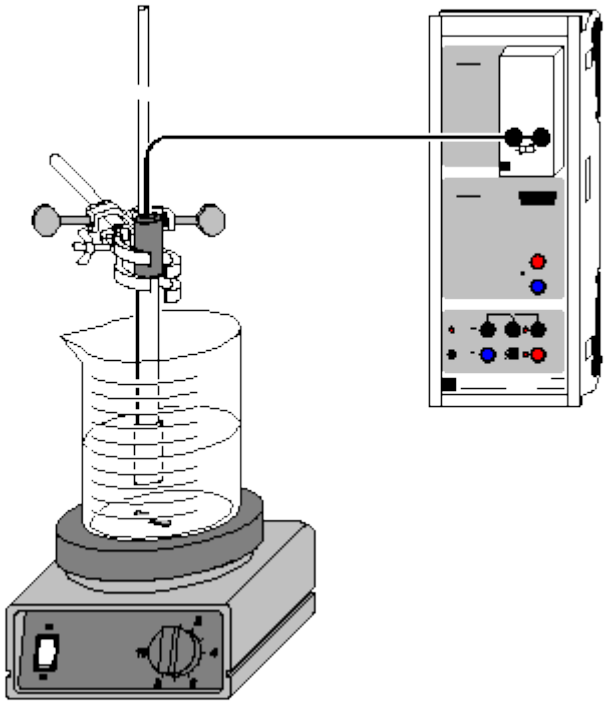
$$\frac{1}{r} = \frac{K_m}{r_{max} \cdot [S]} + \frac{1}{r_{max}}$$

La pendiente de la recta da el término $K_m/r_{máx}$ y la sección del eje el valor $1/r_{máx}$.

Hidrólisis del cloruro de butilo terciario (Determinación del orden de la reacción)



Alternativamente con la unidad Conductividad:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En la hidrólisis del cloruro de butilo terciario (2-Cl-2-Metilpropano) surge butanol terciario y cloruro de hidrógeno, el que mediante protólisis forma oxonio e iones cloruro, los cuales conducen a un fuerte incremento de la conductividad:

$(CH_3)_3C – Cl + 2\ H_2O$ ——> $(CH_3)_3C – OH + H_3O^+ + Cl^-$

Equipo requerido (con la unidad Química o el adaptador de Conductividad S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso, 250 ml, alto	664 113
1	Tubo de soporte	666 607
1	Mordaza doble de sujeción	301 09
1	Pinza pequeña	666 551
1	Probeta graduada, 100 ml	665 754
1	Pipeta graduada, 1 ml	665 994
1	Balón para pipetear	666 003
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Equipo requerido (alternativamente con la unidad Conductividad)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Conductividad	524 037
1	Celda de medición de la conductividad	667 426
1	Agitador magnético	666 845
1	Vaso, 250 ml, alto	664 113
1	Tubo de soporte	666 607
1	Mordaza doble de sujeción	301 09
1	Pinza pequeña	666 551
1	Probeta graduada, 100 ml	665 754
1	Pipeta graduada, 1 ml	665 994
1	Balón para pipetear	666 003
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias químicas requeridas

0,8 ml de solución de cloruro de butilo terciario (c=0,1 mol/l) en acetona.

Indicación de peligro


La acetona es fácilmente inflamable. Manténgala alejada de fuentes de ignición.

Preparación del ensayo (véase el esquema)

- Montar el agitador magnético con soporte.
- En la probeta graduada medir 90 ml de agua destilada y 10 ml de acetona y vaciarlos en un vaso de vidrio.
- Añadir una barrita magnética de agitación y coloque el vaso de vidrio sobre el agitador magnético. Fije la celda de medición de conductividad al soporte de tal manera que se sumerja justo debajo de la abertura de salida de aire. Encienda el agitador magnético.
- Conecte la unidad Conductividad a la entrada A del Sensor-CASSY, una la celda de medición con la unidad Conductividad mediante los conectores bananas.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

Indicación sobre el valor de conductividad indicada

El valor inicial de la conductividad para el ensayo no debe sobrepasar 10 µS/cm. Si esto es el caso, la celda de medición debe ser enjuagada concienzudamente con agua destilada.

Como alternativa por medio de Ajustes Conductividad (llamada por medio de la tecla derecha del ratón sobre la indicación) se puede adaptarla mediante la **corrección** del offset, tal que el valor inicial sea cero.

- Calibrar la celda de medición. Para ello, en los Ajustes Conductividad (llamada por medio de la tecla derecha del ratón sobre la indicación) seleccione **Corregir**, introduzca el factor impreso y seleccione **Corregir factor**.
- Con la pipeta graduada mida 0,8 ml de la solución de cloruro de butilo terciario (c = 0,1 mol/l).
- En el programa el registro de datos haciendo un clic del reloj sobre la barra de símbolos (o pulsando **F9**).
- La cantidad medida de cloruro de butilo terciario rápidamente vaciarla al vaso. Marque el momento que se hace el añadido mediante una línea vertical (**Alt+V**).
- Finalice la medición después de aprox. 8 min haciendo nuevamente un clic del símbolo del reloj (o **F9**), cuando la conductividad ya no cambia más. Si es necesario el rango de medición puede ser agrandado en los Ajustes CA1.

Evaluación

Para la evaluación se tiene preparado cuatro posibilidades:

Representación de la variación de la concentración

Para ello haga un clic sobre la representación **Concentración**. Luego se podrá seguir el cambio de la concentración c en el cloruro de butilo terciario. El cálculo de la concentración en mmol/l se realiza a partir de la cantidad implementada (solución de 0,8 ml 0,1 mol), de la conductividad actual C_{A1} y de la conductividad final (aquí: 198,9 µS/cm; este valor puede ser cambiado de acuerdo con la conductividad leída en la tabla).

La fórmula de conversión **(1-CA1/198,9)*0,8** puede ser vista en los Ajustes c y en caso dado adaptarla, igualmente el rango de visualización.

Prueba a la reacción de 1er. orden

Para ello haga un clic sobre la representación **Prueba al 1er. orden**. Inmediatamente se obtiene la representación de $\ln(c_A/c)$ en función de t (c_A = concentración inicial, c = cantidad implementada de cloruro de butilo terciario). Para determinar las constantes de la velocidad k de la reacción se calcula una recta promedio (realiza el ajuste después de hacer un clic sobre el diagrama con la tecla derecha del ratón) mediante el rango lineal inicial de la curva y se determina su pendiente. Mediante Pegar marcas se puede rotular la recta con el valor de su pendiente (A).

Prueba a la reacción de 2do. orden

Para ello haga un clic sobre la representación **Prueba al 2do. orden**. Se obtiene luego la representación de $1/c - 1/c_A$ en función t (c_A = concentración inicial, c = cantidad implementada de cloruro de butilo terciario). La representación no muestra ninguna relación lineal. De esta forma se comprueba que aquí no se presenta ninguna reacción de 2do. orden.

Método del periodo de vida media

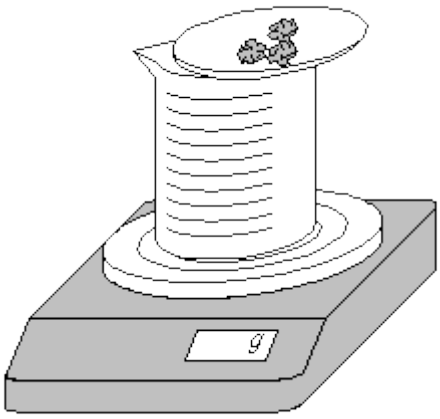
En la representación **Periodo de vida media**: Como aquí se tiene una reacción del primer orden, la constante de la velocidad también puede ser determinada mediante el método del periodo de vida media. Para ello inserte en 0,4 mmol, 0,2 mmol y 0,1 mmol cada vez una línea horizontal con **Alt+H**; luego marque con líneas verticales sus puntos de corte con la curva de concentración y el punto inicial (**Alt+V**). La diferencia promedio del tiempo entre todas las líneas verticales da el periodo de vida media $t_{1/2}$, aquí por ejemplo 63 s.

En la fórmula **ln 2/63**, bajo Ajustes k, escriba debajo de la raya del quebrado el periodo de vida media obtenido en la experiencia. El resultado puede ser leído en el instrumento indicador k.

Otros posibles ensayos

- Realización y registro de la hidrólisis para diferentes temperaturas. Durante la repetición de la medición la curvas se superponen para compararlas. Claramente se puede reconocer la influencia sobre el curso de la reacción y la velocidad de la reacción. De las diferentes constantes de velocidades y de las temperaturas respectivas es posible calcular la energía de activación de la reacción.
- Empleo de diferentes disolventes para el estudio de la influencia de disolventes sobre el orden de la reacción y la velocidad de la reacción.
- Estudio de las reacciones enzimáticas, por ej. de la disociación de la urea mediante ureasas.

Reacción del mármol con ácido clorhídrico (Determinación del orden de la reacción)



Cargar ejemplo

Instrucción de seguridad

El ácido clorhídrico es corrosivo. Porte gafas protectoras, póngase guantes y ropa de protección.

Descripción del ensayo

Si se hace reaccionar abundante mármol (cal, $CaCO_3$) con una cantidad definida de ácido clorhídrico, entonces a partir del balance de masas se puede determinar el orden de la reacción. La reacción transcurre según la siguiente ecuación:

$$CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \xrightarrow[aq.]{} Ca^{2+} + CO_2\uparrow + 3\,H_2O$$

El dióxido de carbono que se desprende produce una disminución continua de la masa de la mezcla de la reacción registrable con una balanza, a partir de la cual se determina el curso de la concentración del ácido clorhídrico.

Equipo requerido

1	CASSY Lab	524 200
1	Balanza electrónica con salida de datos	667 795
	y cable de conexión	729 769
	o	
1	Balanza electrónica con	667 7780
	módulo de montaje y	667 7791
	cable para interfaz	667 7796
1	Vaso de precipitados, forma baja, 250 ml	664 130
1	Vidrio de reloj, ∅ = 80 mm	664 154
1	Pipeta volumétrica, 25 ml	665 976
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Mármol, pedazos, 250 g	673 2500
Ácido clorhídrico, c = 2 mol/l, 500 ml	674 6920

Preparación del ensayo (véase el bosquejo)

En el ensayo se pueden utilizar el programa de balanzas que LD Didactic suministra: Sartorius, Mettler y Ohaus con salida de datos en serie.

Conecte la balanza a un puerto serie del ordenador (por ej. COM2) a través del cable de conexión. Es necesario utilizar el cable de interfaz previsto por el fabricante para garantizar el funcionamiento correcto del enlace al ordenador debido a que los cables de los diferentes fabricantes no son iguales.

Ponga exactamente 75 ml de ácido clorhídrico en el vaso de precipitados con la pipeta. Coloque el vidrio de reloj sobre el vaso de precipitados y la balanza a 0, luego pese exactamente 30 g de pedacitos de mármol sobre el vidrio de reloj. Luego ponga la balanza nuevamente a 0.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Asigne a la balanza como instrumento de medición en General (por ej. mediante **F5**) el puerto serie deseado (por ej. COM2).
- En Ajustes Masa m ingrese la velocidad de transmisión y el modo de la balanza:
 Ajustes ex-fábrica en la balanza Sartorius:
 Modo: 7O1
 Velocidad de transmisión: 1200
 Ajustes ex-fábrica en la balanza Mettler:
 Modo: 8N1
 Velocidad de transmisión: 9600
- Los ajustes ex-fábrica de la balanza deben ser cambiados en un punto. Para ello tenga en cuenta las instrucciones de servicio de la balanza:
 Sartorius: Transmisión de datos como "Impresión automática sin estabilidad" en lugar de "Impresión individual después de estabilidad".
 Mettler: Transmisión continua de datos ("S.Cont")
- Todos los valores de masa enviados deben ser indicados (Soluciones de problemas).
- Inicie la medición con **F9** o el botón .
- Inmediatamente empiece la reacción, haciendo que los pedazos de mármol resbalen del vidrio de reloj hacia el vaso de precipitados. Deje el vidrio sobre el vaso de precipitados.
- Después de que la reacción termina completamente (aprox. 10 min) detenga el registro de datos con **F9** o con el botón .

Evaluación

El valor extraño que aparece al ladear el vidrio de reloj en el inicio de la medición puede ser corregido haciendo un clic con el ratón en el valor correspondiente e ingresando el valor "0".

1. En el diagrama **Estándar**: Los datos de la medición indican la masa m del dióxido de carbono que se desprende (véase la ecuación de la reacción). A partir de la masa m se calcula la cantidad de sustancia $n(CO_2)$ que se desprende y la concentración del ácido restante $[H_3O^+]$:

$$n(CO_2) = -\frac{m}{44\ g/mol}$$

$$[H_3O^+] = \frac{2\,mol/l \cdot 0{,}075\ l - 2 \cdot n(CO_2)}{0{,}075\ l + 3 \cdot n(CO_2) \cdot 0{,}018\ l}$$

En la segunda ecuación, el numerador corresponde al balance total de sustancia del ácido y el denominador al balanza volumétrico total.

2. En el diagrama **1er. orden**: Este diagrama sirve para verificar si una reacción es del primer orden (referida al ácido clorhídrico) y se grafica el logaritmo natural de la concentración de ácido clorhídrico en función del tiempo t. Si se presenta una reacción del primer orden, entonces la gráfica será una recta con la pendiente -k.

Para determinar las constantes de velocidad k pulse el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione **Realizar ajustes** y **Recta promedio** y marque la porción de curva lineal en donde sea razonable ajustar una recta. La pendiente de la recta obtenida se indica en la línea de estado, en la parte inferior de la pantalla, a la izquierda y su valor puede ser insertado en el diagrama con el ratón. En este ejemplo de ensayo se obtuvo una constante de velocidad igual a 0,01541/s.

En el ejemplo no se tiene una recta en todo el curso de la gráfica acorde con la ley de la velocidad del primer orden, ya que la difusión depende de la velocidad de reacción de una parte del ácido clorhídrico: Cuando la concentración del ácido decrece, éste reacciona rápidamente con el mármol como nuevos iones H_3O^+ que pueden ser transportados hacia la superficie del mármol. Es por ello que la constante de la reacción disminuye y se observa una desviación de la ley de la velocidad. Sin

embargo, la reacción es bien descrita por la ley de velocidad de primer orden hasta un 80 % de conversión.

3. En el diagrama **2do. orden**: Este diagrama sirve para verificar si una reacción es de segundo orden (referida al ácido clorhídrico) y se grafica $1/[H_3O^+]$ en función del tiempo t. Si una reacción de segundo orden está presente, entonces la gráfica obtenida sería una recta con pendiente k.

En el ejemplo de ensayo se utiliza para el cálculo la concentración de H_3O^+, promediada en 10 segundos, con el objeto de alisar un poco los saltos producidos por la resolución finita de la balanza a partir de aprox. 95 % de conversión de la reacción.

Como en esta gráfica no se muestra una zona lineal clara, se puede asumir que no se presenta una reacción de segundo orden en ningún momento.

4. El comportamiento temporal de la velocidad de reacción r que resulta del orden de la reacción se observa con claridad en el diagrama **Velocidad de la reacción**. Como la resolución de los datos de la balanza debe tener un dígito más para obtener mejores resultados en este diagrama - lo que dificulta notablemente el ensayo demostrativo - se debe graficar la velocidad de reacción r_m promedio de 10 segundos en lugar de r.

Fundamento teórico

La velocidad de la reacción r se ha definido como la variación temporal de la concentración de una de las sustancias reactantes o de uno de los productos; está pues referida a una de las sustancias que participan en la reacción. El cambio de la concentración del educto contribuye negativamente en el cálculo, mientras que el de los productos positivamente. Para la reacción

$$CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \xrightarrow[aq.]{} Ca^{2+} + CO_2\uparrow + 3\,H_2O$$

la velocidad de reacción r está referida a la concentración de los iones H_3O^+, esto es:

$$r_{H_3O^+} = -\frac{d\left[H_3O^+\right]}{dt}$$

.

Esta velocidad de reacción es el doble de la velocidad de reacción referida a la concentración de los iones de calcio, ya que para que se produzca un ión de calcio se requieren dos iones H_3O^+:

$$r_{Ca^{2+}} = \frac{1}{2} r_{H_3O^+} = \frac{d\left[Ca^{2+}\right]}{dt}$$

.

Para conocer la dependencia de la velocidad de la reacción respecto de la concentración de las sustancias participantes se debe determinar experimentalmente bajo que ley de velocidad transcurre la reacción. El exponente con el que la concentración de la sustancia aparece en la ley de velocidad caracteriza el orden de la reacción referida a la sustancia en cuestión. El orden total de la reacción se forma a partir de la suma de los exponentes. En la reacción

$$CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \xrightarrow[aq.]{} Ca^{2+} + CO_2\uparrow + 3\,H_2O$$

el orden de la reacción es fácilmente determinable sólo para los iones en la solución. Para una reacción de primer orden la ley de velocidad sería:

$$r_{H_3O^+} = 2 \cdot \frac{d\left[Ca^{2+}\right]}{dt} = -\frac{d\left[H_3O^+\right]}{dt} = k \cdot \left[H_3O^+\right]$$

La forma integrada toma la forma de la ecuación de una recta

$$\ln\left[H_3O^+\right] = -k \cdot t + \ln\left[H_3O^+\right]_0$$

con la pendiente -k y la sección al eje $\ln[H_3O^+]_0$. $[H_3O^+]_0$ es la concentración inicial del ácido.

Para una reacción de segundo orden referida a la concentración de H_3O^+ la ley de velocidad sería:

$$r = -\frac{d\left[H_3O^+\right]}{dt} = k \cdot \left[H_3O^+\right]^2$$

.

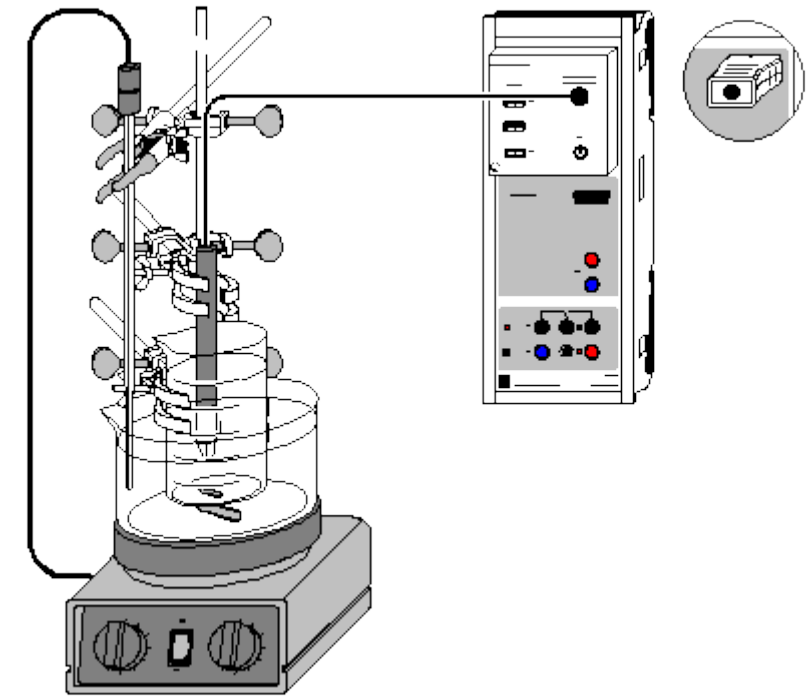
En la forma integrada resulta la recta

$$\frac{1}{[H_3O^+]} = k \cdot t + \frac{1}{[H_3O^+]_0}$$

con la pendiente k y la sección al eje $1/[H_3O^+]_0$.

Al obtener estas dos curvas se puede saber hasta qué punto una reacción corresponde a las leyes del primer o segundo orden.

Hidrólisis alcalina del éster etilacético (Determinación del orden de la reacción)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

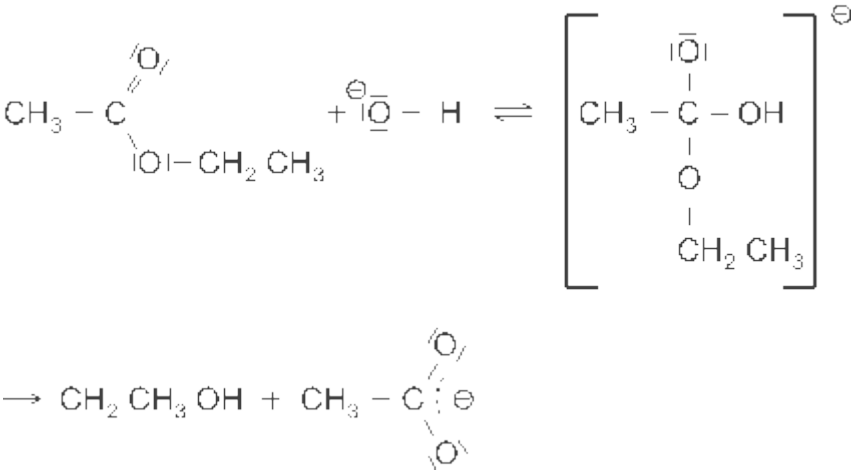
El éster etilacético es fácilmente inflamable. Manténgalo alejado de fuentes de ignición.

El éster etilacético irrita los ojos. Durante el trabajo porte gafas de protección; en caso de contacto con los ojos enjuáguelos inmediatamente y bien con agua y consulte un médico.

El vapor del éster puede marear; no inhale el vapor.

Descripción del ensayo

La hidrólisis alcalina del éster se desarrolla en dos pasos:



Como en el curso de la reacción en la solución hay iones acetato en lugar de los iones hidróxido, se puede seguir el desarrollo de la reacción midiendo la conductividad. A partir de la concentración de iones hidróxido obtenida en función del tiempo se puede determinar el orden de la reacción y la

constante de velocidad k de la hidrólisis alcalina del éster. Como la constante de velocidad depende de la temperatura se recomienda realizar la experiencia en una baño de agua temperada.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Agitador magnético con placa calefactora	666 839
1	Contacto-termómetro de vástago KT4	666 8401
1	Barrita de agitación, 50 mm	666 854
1	Barrita de agitación, 15 mm	666 850
1	Varilla de soporte, 500 mm, ∅ = 10 mm	301 27
3	Mordazas en cruz	666 543
2	Pinzas pequeñas	666 551
1	Pinza universal	666 555
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma alta	664 137
1	Cristalizador, 900 ml	664 177
1	Jeringa de dosificación, 2 ml	665 963
1	Cánula, 40 mm	665 960
1	Pipeta volumétrica, 25 ml	665 976
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Balanza, resolución 0,01 g	

Sustancias requeridas

Éster etilacético por ej. 250 ml	671 9630
Soda cáustica, c = 0,1 mol/l, por ej. 500 ml	673 8410
event.: Solución de calibración, 12,88 mS/cm	667 4640

Calibración

Cargar ajustes

- La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga la distancia de 1 cm a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en la **ventana de corrección** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.
- Marque el sensor, la unidad Química y el Sensor-CASSY utilizados, ya que la calibración sólo es válida para esta combinación.

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Llene el cristalizador casi hasta por debajo del borde con agua del grifo y colóquelo sobre el imán agitador con la barrita agitadora grande. Con la pinza universal cuelgue de la varilla de soporte el vaso de precipitados (junto con la otra barrita agitadora) dentro del cristalizador y ubíquelo de tal manera que sea posible sumergirlo profundamente en el centro del baño de agua por encima del imán agitador. Con la pipeta vierta exactamente 75 ml de soda cáustica (0,0075 mol) en el vaso de precipitados.

Sujete el termómetro de contacto con una de las pinzas pequeñas y sumérjalo en el baño de agua; sujete el sensor de conductividad con la otra pinza pequeña y sumérjalo en el vaso de precipitados. Cuide que el sensor de conductividad mantenga una distancia mínima de 1 cm a las paredes del recipiente y a la barrita agitadora. Ajuste el regulador de la calefacción del agitador magnético a un máximo de 80 °C de tal forma que el termómetro de contacto conectado al agitador magnético indique una temperatura entre 40 y 45 °C. Regule el agitador magnético lo más alto posible sin que se formen trombas.

Luego espere a que la soda cáustica alcance una temperatura constante. Esto puede verificarse en el instrumento indicador de temperatura ϑ_{A1} (se activa mediante el botón respectivo en la línea superior de la pantalla) o más cómodamente iniciando una medición con **F9**.

Ponga sobre la balanza la jeringa de dosificación vacía y la cánula y luego ajuste la balanza a 0. Pese exactamente 1,32 g de éster etilacético (0,015 moles) en la jeringa.

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

- Inicie una nueva medición con **F9** o haciendo un clic en .
- Para que haya una buena distribución inyecte con fuerza el éster etilacético en la soda cáustica. En el diagrama marque el momento de la inyección con una línea vertical pulsando la combinación de teclas **Alt+V**.
- Según la temperatura de reacción deje que la medición transcurra por unos 8 a 12 minutos hasta que se haya establecido un valor constante de la conductividad.
- Detenga la medición con **F9** o haciendo un clic en . Desconecte la placa calefactora.

Evaluación

1. En el diagrama **Conductividad específica** están graficados los datos de la conductividad específica y temperatura en función de la duración de la reacción. Para determinar exactamente la temperatura de la reacción haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione **Valor medio de intervalos** y mediante marcación de la porción de curva entre la temperatura inicial y final de la reacción obtenga la temperatura promedio, con la que la experiencia ha transcurrido. El valor medio queda marcado automáticamente y puede ser leído en la línea de estado situada en la parte inferior de la pantalla, a la izquierda. Use la combinación **Alt+T** para insertar el valor numérico respectivo en el diagrama.

2. El diagrama **Concentración de hidróxido** muestra el curso de la concentración de los iones hidróxido calculada a partir de la conductividad específica. La concentración $[OH^-]$ se calcula según la siguiente fórmula:

$$[OH^-] = \frac{C_{A1} - \kappa_1}{\kappa_0 - \kappa_1} \cdot 0{,}1 \text{ mol/l}$$

En esta expresión C_{A1} es la conductividad medida, κ_0 es la conductividad antes de añadir el éster, κ_1 es la conductividad al final de la reacción y 0,1 mol/l es la concentración de la soda cáustica al inicio de la reacción. Para el cálculo correcto de la concentración de iones hidróxido ingrese en el campo Fórmula de Ajustes κ1 y κ0 los datos respectivos en lugar de los predeterminados.

3. Las representaciones **1er. orden** y **2do. orden** están preparadas para la determinación del orden de la reacción: Para ajustar una recta en la curva respectiva haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama, luego seleccione **Realizar ajustes** y **Recta promedio** y marque la porción de curva, desde el inicio de la reacción hasta donde sea razonable ajustarla con una recta. Una desviación notoria de una recta en la representación **1er. orden**, y una concordancia relativamente buena con una recta para una conversión de reacción de aprox. 90 % en la representación **2do. orden**, indican que la reacción es de segundo orden. La pendiente de la recta en la representación **2do. orden** indica la constante de velocidad k de la reacción. Esta se encuentra como parámetro A de la ecuación de la recta A*x+B en la línea de estado y puede ser insertado en el diagrama con el ratón.

4. Las representaciones **Arrhenius / Eyring 1** y **2** han sido preparadas para la determinación de los parámetros de activación. Para más detalle vea las instrucciones del ensayo Hidrólisis alcalina del éster etilacético - Determinación de los parámetros de activación.

Fundamento teórico

La velocidad de reacción r está definida como el cambio temporal de la concentración de una de las sustancias reactantes o de uno de los productos; está pues referida a una de las sustancias que participan en la reacción. El cambio de la concentración del educto contribuye negativamente en el cálculo, los productos positivamente. Para la hidrólisis alcalina del éster, la velocidad de reacción referida a la concentración del éster tiene el mismo valor que la velocidad de reacción referida a la concentración del hidróxido, ya que ambas sustancias reaccionan en la relación 1:1:

$$r_{OH^-} = r_{CH_3COOAc} = -\frac{d[OH^-]}{dt} = -\frac{d[CH_3COOAc]}{dt}$$

Para conocer la dependencia de la velocidad de reacción respecto a la concentración de las sustancias que participan se debe determinar experimentalmente bajo que ley de velocidad transcurre la reacción. El exponente con el que la concentración de la sustancia aparece en la ley de velocidad, caracteriza el orden de la reacción referida a la sustancia en cuestión. El orden total de la reacción se forma a partir de la suma de los exponentes.

En el ejemplo de ensayo se prueba la reacción respecto a dos órdenes de reacción: Si la reacción fuese del primer orden referida a la concentración del hidróxido e independiente de la concentración del éster, se tendría en total una ley de velocidad de primer orden:

$$r_{OH^-} = -\frac{d[OH^-]}{dt} = k \cdot [OH^-]$$

La misma ley de velocidad se tendría para una reacción dependiente de la concentración del éster en primer orden e independiente de la concentración de hidróxido, que ya es válida:

$$\frac{d[OH^-]}{dt} = \frac{d[CH_3COOAc]}{dt}.$$

Para verificar la validez de esta ley de velocidad se utiliza su forma integral:

$$\ln[OH^-] = -k \cdot t + \ln[OH^-]_0$$

Al presentarse una reacción de primer orden la gráfica del $\ln[OH^-]$ en función del tiempo t resulta una recta con pendiente -k y con sección de corte al eje $\ln[OH^-]_0$. $[OH^-]_0$ es la concentración inicial de los iones hidróxido.

Por el contrario, si la concentración es de primer orden, referida a ambos componentes, se tiene la ley de velocidad de segundo orden:

$$-\frac{d[OH^-]}{dt} = -\frac{d[CH_3COOAc]}{dt} = k \cdot [OH^-] \cdot [CH_3COOAc]$$

La forma integral de la ley de velocidad toma la forma:

$$\ln \frac{[OH^-]_0 \cdot ([CH_3COOAc]_0 - ([OH^-]_0 - [OH^-]))}{[CH_3COOAc]_0 \cdot [OH^-]} \cdot \frac{1}{[CH_3COOAc]_0 - [OH^-]_0} = k \cdot t$$

En la representación **2do. orden** se puede apreciar la gráfica del término que se encuentra delante del signo igual en función del tiempo t. La pendiente de la función que transcurre como recta para una conversión de aprox. 90 % indica la constante de velocidad k de la reacción.

Si las concentraciones iniciales de ambas sustancias son iguales, se simplifica la ley de velocidad a

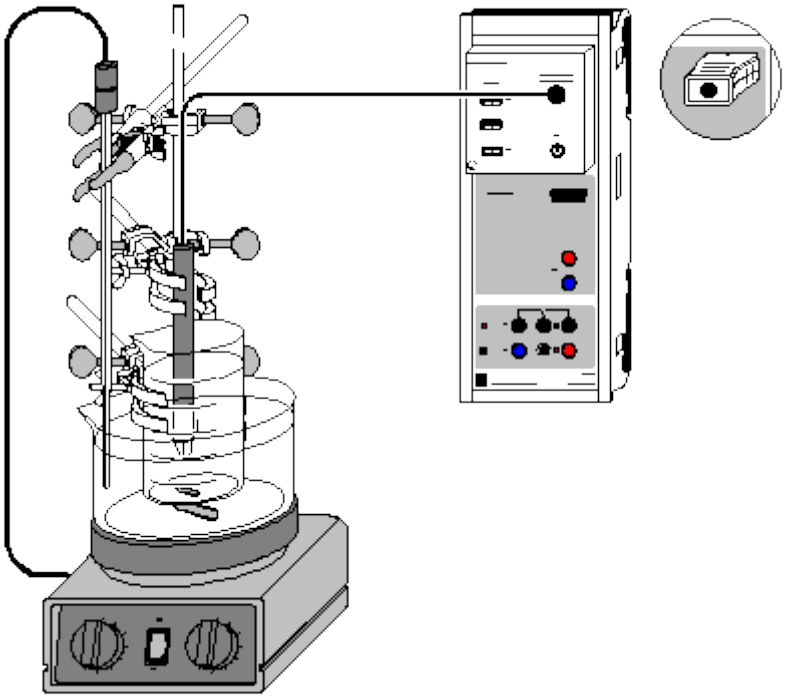
$$-\frac{d[OH^-]}{dt} = -\frac{d[CH_3COOAc]}{dt} = k \cdot [OH^-]^2.$$

Cuya forma integral

$$\frac{1}{[OH^-]} = k \cdot t + \frac{1}{[OH^-]_0}$$

conduce a una gráfica de $1/[OH^-]$ en función de t que resulta una recta con pendiente k y sección de corte al eje $1/[OH^-]_0$ si la reacción es de este orden. Como la aplicación equimolar del éster y soda cáustica alarga mucho la duración de la reacción, en este ensayo se utilizó una cantidad doble de éster y la determinación de la ley de velocidad tuvo que hacerse con la ecuación más compleja.

Hidrólisis alcalina del éster etilacético (Determinación de los parámetros de activación)



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

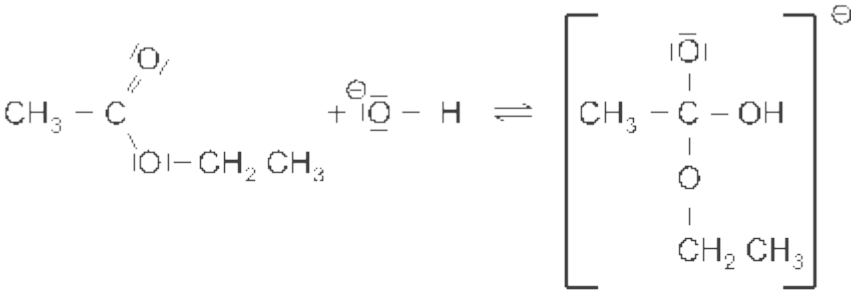
El éster etilacético es fácilmente inflamable. Manténgalo alejado de fuentes de ignición.

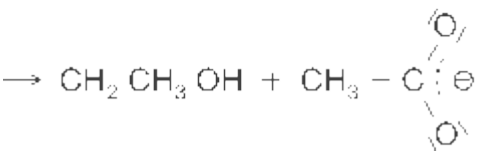
El éster etilacético irrita los ojos. Durante el trabajo porte gafas de protección; en caso de contacto con los ojos enjuáguelos inmediatamente y bien con agua y consulte un médico.

El vapor del éster puede marear; no inhale el vapor.

Descripción del ensayo

La hidrólisis alcalina del éster se desarrolla en dos pasos:





Como en el curso de la reacción en la solución hay iones acetato en lugar de los iones hidróxido, se puede seguir el desarrollo de la reacción midiendo la conductividad. A partir de la concentración de

iones hidróxido obtenida en función del tiempo se puede determinar el orden de la reacción y la constante de velocidad k de la hidrólisis alcalina del éster.

La dependencia de la temperatura de la constante de velocidad puede ser determinada haciendo varias hidrólisis del éster, cada vez a diferentes temperatura en el baño de agua. De esta dependencia de k respecto a la temperatura se calculan los parámetros de activación: la energía de activación E_a de Arrhenius o la entalpía libre de activación $\Delta G^{\#}$ de Eyring compuesta por la entalpía de activación $\Delta H^{\#}$ y la entropía de activación $\Delta S^{\#}$.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Agitador magnético con placa calefactora	666 839
1	Contacto-termómetro de vástago KT4	666 8401
1	Barrita de agitación, 50 mm	666 854
1	Barrita de agitación, 15 mm	666 850
1	Varilla de soporte, 500 mm, ∅ = 10 mm	301 27
3	Mordazas en cruz	666 543
2	Pinzas pequeñas	666 551
1	Pinza universal	666 555
1	Vaso 100 ml, forma alta	664 137
1	Cristalizador, 900 ml	664 177
1	Jeringa de dosificación, 2 ml	665 963
1	Cánula, 40 mm	665 960
1	Pipeta volumétrica, 25 ml	665 976
1	Bombilla de pipeta	666 003
1	Balanza, resolución 0,01 g	

Sustancias requeridas

Éster etilacético, por ej. 250 ml	671 9630
Sosa cáustica, c = 0,1 mol/l, por ej. 500 ml	673 8410
Event.: Solución de calibración, 12,88 mS/cm	667 4640

Calibración

☐ Cargar ajustes

- La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.
- Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga la distancia de 1 cm a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en **Corregir** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.
- Marque el sensor, la unidad Química y el Sensor-CASSY utilizados, ya que la calibración sólo es válida para esta combinación.

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Llene el cristalizador con agua del grifo casi hasta por debajo del borde y colóquelo sobre el imán agitador con la barrita agitadora grande. Con la pinza universal cuelgue de la varilla de soporte el vaso de precipitados (junto con la otra barrita agitadora) dentro del cristalizador y ubíquelo de tal manera que sea posible sumergirlo profundamente en el centro del baño de agua por encima del imán agitador.

Sujete el termómetro de contacto con una de las pinzas pequeñas y sumérjalo en el baño de agua; sujete el sensor de conductividad con la otra pinza pequeña y sumérjalo en el vaso de precipitados. Cuide que el sensor de conductividad mantenga una distancia mínima de 1 cm a las paredes del

recipiente y a la barrita agitadora. Ajuste el regulador de la calefacción del agitador magnético a un máximo de 80 °C de tal forma que el termómetro de contacto conectado al agitador magnético indique una temperatura aproximada de 35 °C para la primera serie de medición, 45 °C para la segunda y 55 °C para la tercera. Si es necesario registre otras series de medición para 50 °C ó 60 °C. Regule el agitador magnético lo más alto posible sin que se formen trombas.

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Con la pipeta ponga en el vaso de precipitados exactamente 75 ml 0,1 molar de soda cáustica (0,0075 moles).
- Espere hasta que la soda cáustica alcance una temperatura constante. Esto puede verificarse en el instrumento indicador de temperatura ϑ_{A1} (se activa mediante el botón respectivo en la línea superior de la pantalla) o más cómodamente iniciando una medición con **F9**.
- Mientras tanto, sobre la balanza ponga la jeringa de dosificación vacía y la cánula y luego ajuste la balanza a 0. Pese exactamente 1,32 g de éster etilacético (0,015 moles) en la jeringa.
- Una vez que se ha verificado con una medición que la temperatura es constante, termine la medición con **F9** y bórrela con **F4**.
- Inicie una nueva medición con **F9** o haciendo un clic en .
- Para que haya una buena distribución inyecte con fuerza el éster etilacético en la soda cáustica. En el diagrama marque el momento de la inyección con una línea vertical pulsando la combinación de teclas **Alt+V**.
- Según la temperatura de reacción deje que la medición transcurra por unos 7 a 15 minutos hasta que se haya establecido un valor constante de la conductividad.
- Detenga la medición con **F9** o haciendo un clic en  y guárdela con **F2** ingresando la temperatura de la reacción.
- Borre la serie de medición guardada con **F4** para el registro de la próxima serie de medición
- Ajuste el termómetro de contacto a la nueva temperatura de reacción; vierta la mezcla de la reacción en un recipiente de almacenamiento y enjuague el vaso de precipitados.
- Repita el procedimiento del ensayo con la próxima temperatura.
- Registre por lo menos tres series de medición para diferentes temperaturas de reacción y guárdelas.

Evaluación

1. En el diagrama **Conductividad específica** se tiene graficado los datos de la conductividad específica C_{A1} y temperatura ϑ_{A1} en función de la duración de la reacción.

2. A partir de C_{A1} se calcula la concentración de los iones hidróxidos según la siguiente fórmula:

$$[OH^-] = \frac{C_{A1} - \kappa_1}{\kappa_0 - \kappa_1} \cdot 0{,}1 \ \text{mol/l}$$

en donde κ_0 es la conductividad antes de añadir el éster, κ_1 es la conductividad al final de la reacción y 0,1 mol/l es la concentración de la soda cáustica al inicio de la reacción. Para el cálculo correcto de la concentración de iones hidróxido en cada serie de medición ingrese los datos respectivos en Ajustes $\kappa 1$ y $\kappa 0$ en lugar de los predeterminados en el campo Fórmula. El curso de la concentración calculada de iones hidróxido está representada en el diagrama **Concentración de hidróxido**.

3. Luego se reúne a las series de medición en un archivo con **F3**, en donde se cargan las otras series de medición anteriormente registradas y la medición abierta en ese momento. Para ello responda afirmativamente con **Sí** a la pregunta de si desea agregar la nueva serie de medición a la existente.

4. Para determinar con mayor precisión la temperatura de reacción respectiva haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama **Conductividad específica**, seleccione **Valor medio de intervalos** y luego debe marcar una de las curvas de temperatura entre el inicio y el final de la reacción para obtener la temperatura promedio ϑ_m con la que se ha desarrollado la medición respectiva. El valor medio es marcado y puede ser leído en la línea de estado de la parte inferior de la pantalla, a la izquierda. Con **Alt+T** inserte como texto el valor numérico respectivo en el diagrama.

5. Las constantes de velocidad k en las diferentes temperaturas se obtienen del diagrama **2do. orden**. A tal fin pulse en el diagrama el botón derecho del ratón, seleccione **Realizar ajustes** y **Recta**

promedio y marque para cada una de las tres curvas las porciones de curvas desde el inicio de la reacción hasta donde sea razonable ajustarlas con una recta. Las pendientes de las rectas resultantes indican la constante de velocidad k de la reacción para las temperaturas promedios ϑ_m obtenidas. Cada una se encuentra como parámetro A de la ecuación de la recta A*x+B en la línea de estado y puede ser arrastrada desde allí con el ratón hacia el diagrama o insertada directamente pulsando la combinación de teclas **Alt+T**.

6. En la tabla**Arrhenius / Eyring 1** se ha ingresado las constantes de velocidad obtenidas y las temperaturas promedios absolutas respectivas T en K ($T = \vartheta_m + 273{,}15$). Para ello haga un clic en la celda respectiva con el botón izquierdo del ratón e ingrese los valores mediante el teclado. De los datos de entrada se calculan automáticamente en el diagrama **Arrhenius / Eyring 2** las gráficas de Arrhenius y Eyring.

7. Para determinar la energía de activación E_a de Arrhenius en el diagrama **Arrhenius / Eyring 2** trace una recta promedio por los puntos de medición pertenecientes a ln k, cuya pendiente es $-E_a/R$. La recta promedio aplicada a los puntos de medición de ln (k/T) tiene la pendiente $-\Delta H^{\#}/R$ y la sección de corte al eje ln (k_b/h) $+\Delta S^{\#}/R$ (véase el fundamento teórico). Las pendientes de las rectas pueden ser leídas en la línea de estado de la parte inferior de la pantalla, a la izquierda, como parámetro A y como parámetro B las secciones de corte al eje. Proceda como se mencionó anteriormente para insertar los valores en el diagrama.

Fundamento teórico

Desde hacia ya buen tiempo Arrhenius formuló la conocida relación exponencial entre la temperatura y la velocidad de la reacción, en donde identificó los parámetros a y b de la expresión empírica

$$k = a \cdot e^{-b/T}$$

como el factor de frecuencia A y la energía de activación E_a/R relacionada a la constante universal de los gases respectivamente. Aquí la energía de activación E_a indica la energía que deben poseer dos moléculas que colisionan para reaccionar entre ellas; el factor A está compuesto por el número de colisiones moleculares por segundo y un factor estérico que considera una orientación mutua entre las moléculas en colisión como condición para que reaccionen entre ellas.

Según Arrhenius la expresión para la constante de la velocidad que depende de la temperatura tiene la forma

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

La gráfica del ln k en función 1/T resulta una recta con la pendiente $-E_a/R$ que corta al eje en ln A.

La ecuación de Arrhenius fue mejorada por la "Teoría del estado de transición" de Eyring que da una definición más exacta de los parámetros A y E_a.

Eyring parte del hecho de que para todas las reacciones elementales entre dos sustancias A y B se debe alcanzar primero un complejo activado como estado de transición; éste está en equilibrio químico con las sustancias reactantes:

$$A + B \rightleftharpoons AB^{\#}$$

$$K^{\#} = \frac{[AB^{\#}]}{[A] \cdot [B]}.$$

El aporte decisivo de Eyring fue la prueba de que los complejos activados de cada reacción química elemental se transforman en productos con la misma constante de velocidad:

$$\frac{d[C]}{dt} = \frac{k_b \cdot T}{h} \cdot [AB^{\#}]$$

en donde C es el producto de la reacción elemental, k_b es la constante de Boltzmann, h es el cuanto de Planck y T la temperatura absoluta. La velocidad de la reacción total es entonces

$$\frac{d[C]}{dt} = \frac{k_b \cdot T}{h} \cdot K^{\#} \cdot [A] \cdot [B]$$

con la constante de velocidad:

$$k = \frac{k_b \cdot T}{h} \cdot K^{\#}$$

De la termodinámica se conoce que cada constante de equilibrio K puede ser determinada de la diferencia entre las entalpías libres de los productos y eductos. Se cumple pues:

$$\Delta G^{\#} = -RT \cdot \ln K^{\#}; \qquad \Delta G^{\#} = \Delta H^{\#} - T\Delta S^{\#}$$

Si introducimos estas dos expresiones en la ecuación de las constantes de velocidad se obtiene la ecuación de Eyring:

$$k = \frac{k_b \cdot T}{h} \cdot e^{\Delta S^{\#}/R} \cdot e^{-\Delta H^{\#}/RT}$$

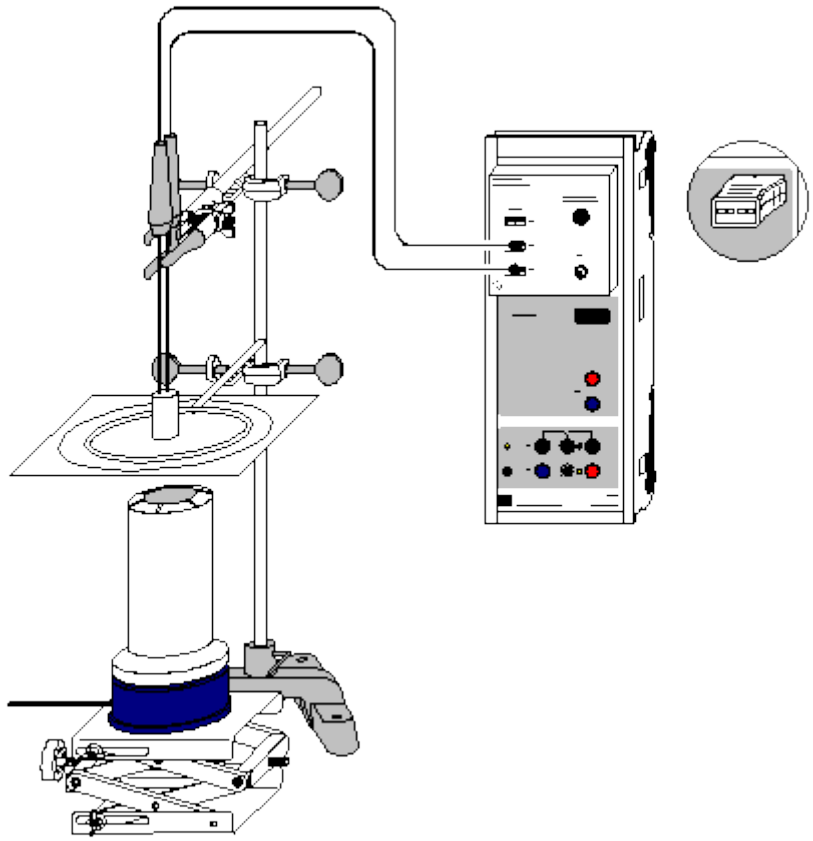
$\Delta S^{\#}$ es la entropía de activación, $\Delta H^{\#}$ es la entalpía de activación. Estos dos parámetros permiten sacar conclusiones sobre el estado de transición de una reacción: Una entropía de activación negativa, como es el caso del ejemplo de ensayo, indica un estado de transición de mayor orden comparado con el estado inicial, es decir, se deben formar enlaces al alcanzar el complejo activado o las partículas se encuentran en una determinada posición entre sí. Si $\Delta S^{\#}$ es negativo, la entropía actúa aletargando la reacción cuando aumenta la temperatura. Por el contrario, una entropía de activación positiva indica el rompimiento de enlaces en el complejo activado o indica un aumento de los grados de libertad de rotación en uno o más enlaces. Ésta actúa acelerando la reacción cuando la temperatura aumenta.

La entalpía libre de activación $\Delta G^{\#}$ de una reacción, resultante de la entropía de activación y de la entalpía de activación, es siempre positiva. Su valor absoluto, dependiente de la temperatura, determina el tamaño de la constante de velocidad y está relacionado, por ello, con la velocidad de la reacción. En este ejemplo de ensayo se obtiene una entalpía libre de activación

$$\Delta G^{\#} = 68200\ J/mol + 50\ J/(mol \cdot K) \cdot 298\ K = 83{,}1\ kJ/mol$$

con los valores obtenidos para $\Delta S^{\#}$ y $\Delta H^{\#}$ a 298 K (25 °C).

Análisis termodiferencial del sulfato de cobre



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Nota de peligro

El sulfato de cobre es dañino para la salud y perjudicial para el medio ambiente. Porte guantes de protección y gafas protectoras. No debe evacuarse al medio ambiente.

Peligro de quemadura. Antes de tocar el aparato deje que se enfríe hasta la temperatura ambiente.

Descripción del ensayo

Con el análisis termodiferencial (DTA) se puede medir importantes magnitudes de la física-química como los calores y entalpías de transformación y debido a que es un método de fácil acceso, es ideal para dar los primeros pasos en la química analítica.

En el DTA se calientan dos sustancias en un horno regulable: una sustancia de referencia químicamente inerte a lo largo de todo el rango de temperatura (por ej. alúmina, Al_2O_3) y la sustancia de muestra, la cuál será examinada en el rango de temperaturas con el fin determinar las transiciones de fase y/o reacciones químicas. Ambas sustancias están colocadas en lugares simétricas dentro del horno y cada una está provista con un sensor de temperatura.

Si en la muestra estudiada se lleva a cabo un proceso endotérmico (por ej. evaporación) o exotérmico (por ej. reacción de combustión), entonces aparece una diferencia ΔT entre las temperaturas de la sustancia de referencia y la muestra. En los procesos endotérmicos la muestra se calienta más lentamente que la sustancia de referencia, mientras que en los procesos exotérmicos la muestra se calienta más rápidamente que la sustancia de referencia. A partir de la gráfica de ΔT en función de la temperatura de referencia ϑ resulta una curva DTA característica de cada muestra, en donde se puede determinar la temperatura de transición y la entalpía de transición de los procesos.

Para facilitar la compresión del ejemplo disponible, utilizamos un dispositivo abierto para visualizar mejor el principio de medición. Sin embargo, para una determinación más precisa de las entalpías de transición se debe utilizar un horno cerrado.

En el ejemplo se determinan las temperaturas de desprendimiento del agua de cristalización enlazada en el sulfato cúprico hasta los 150 °C. Además se muestra la posibilidad de una medida directa de una diferencia de temperatura con la unidad Química que es más exacta que un cálculo basado en dos temperaturas individuales.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
2	Sonda de temperatura NiCr-Ni, Tipo K, ∅ 1,5 mm	529 676
1	Bloque metálico para análisis termodiferencial	666 202
1	Paquete de tubitos portamuestras, 20 piezas	666 203
1	Hornilla eléctrica	666 776
1	Base de soporte, en forma de V	300 02
1	Varilla de soporte, 47 cm	300 42
2	Mordazas en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	Aro de soporte, ∅ 100 mm	666 573
1	Tela térmica, 160*160 mm	666 685
1	Soporte elevador	666 583
2	Morteros, 50 ml	608 350
2	Pistilos	608 360

Sustancias requeridas

Alúmina (Al_2O_3), por ej. 250 g	670 2900
Sulfato cúprico pentahidratado, por ej. 100 g	672 9600

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte la unidad Química a la entrada A del Sensor-CASSY utilizando las sondas de temperatura conectadas a las entradas T_2 y T_3.

Con el material de soporte, la tela térmica, la hornilla eléctrica y el soporte elevador construya un dispositivo para calentar el bloque del metal hasta el DTA. Esto se coloca exactamente por encima de la abertura de la calefacción de la hornilla eléctrica sobre la tela térmica. Al inicio de la medición la abertura de la calefacción de la hornilla debe estar aproximadamente a 5 centímetros de distancia de la tela térmica.

Triture una pequeña porción de sulfato de cobre que llene la punta de la espátula con un mortero hasta obtener un molido fino y con esto llene un tubito portamuestras hasta aprox. dos tercios del mismo. De igual forma se procede con un segundo portamuestras y una segunda porción de alúmina (óxido de aluminio).

Introduzca el sensor de temperatura conectado a T_2 lo más profundamente posible en el tubito portamuestras con alúmina; introduzca el sensor conectado a T_3 en el sulfato de cobre.

Ambos sensores de temperatura deberán ser sujetados juntos, debajo del mango, con una pequeña pinza, de manera que los tubitos portamuestras se encuentren en el fondo de ambos agujeros del bloque metálico. Además, debe garantizarse que el bloque metálico haga contacto con la tela térmica en toda la superficie de asiento.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Encienda la hornilla eléctrica.

- Después de un minuto inicie la medición con **F9** o el botón .
- Si la curva de la temperatura de la sustancia de referencia se aplana, de vuelta al soporte elevador para reducir la distancia de la hornilla a la tela térmica.
- Al alcanzarse aprox. los 150 °C termine la medición con **F9** ó con el botón , luego apague la hornilla eléctrica.

Evaluación

1. En la representación **Estándar** están graficados los valores de la temperatura y la diferencia de temperatura ΔT en función del tiempo.

2. En la representación **dT(T)** está graficada la diferencia de temperatura en función de la temperatura de referencia (temperatura de la alúmina).

Para determinar la temperatura de transformación primero trace, en esta representación, una tangente de inflexión en los flancos izquierdos de los picos para cada caso. Para realizarlo haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione el submenú **Realizar ajustes** y **Recta promedio** y luego realice la marcación de una porción de curva delgada alrededor del punto de inflexión del flanco izquierdo del pico. Luego se determina la línea de base correspondiente a cada pico. Esta se construye igualmente como una **recta promedio**, en donde la porción de curva de la zona respectiva debe ser marcada un poco delante del pico. En el ejemplo de ensayo los picos se encuentran muy cerca entre sí, de tal forma que la primera línea de base también se usa para el segundo pico y la línea de base del tercer pico se debe construir como línea horizontal a través del mínimo anterior. A pesar de ello, los errores que resultan permanecen pequeños (± 0,3 °C).

La intersección entre la tangente de inflexión de cada pico y la línea de base respectiva es indicada en el análisis termodiferencial como un valor de temperatura para la transición de fase o la reacción dada. Debido a que el DTA es un método dinámico de análisis, estas temperaturas pueden divergir un tanto de las temperaturas termodinámicas del equilibrio dependiendo de las condiciones.

Active la indicación de coordenadas con **Alt+C** para determinar con mayor precisión la intersección, posicione el puntero del ratón sobre la intersección y luego ingrese la temperatura indicada en el diagrama con **Alt+T**. Para mayor claridad las transiciones pueden ser marcadas con líneas verticales (combinación de teclas **Alt+V**) y textos explicativos (**Alt+T**).

El DTA del sulfato de cobre a 150 °C tiene tres picos. El primero (aprox. a 96 °C) corresponde a la desprendimiento de las dos primeras moléculas de agua de cristalización, el segundo pico proviene de la evaporación de estas moléculas de agua y el tercero corresponde al desprendimiento y evaporación de otras dos moléculas de agua:

1. $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O \xrightarrow{96\,^\circ C} CuSO_4 \cdot 3\,H_2O + 2\,H_2O\,(l)$

2. $2\,H_2O\,(l) \xrightarrow{103\,^\circ C} 2\,H_2O\,(g)$

3. $CuSO_4 \cdot 3\,H_2O \xrightarrow{118\,^\circ C} CuSO_4 \cdot H_2O + 2\,H_2O\,(g)$

El último enlace de agua se desprende sólo a 250 °C; por lo que en aras de una más corta duración del ensayo no se ha registrado este pico.

Otros posibles ensayos

Con el fin de obtener una separación más clara entre picos puede deducirse la taza de calentamiento o la cantidad de sustancia. Con respecto a la practicabilidad de la experiencia como ensayo demostrativo se ha prescindido de esta posibilidad en el ejemplo.

Una pesada precisa antes y después de cada pico serviría para sacar conclusiones sobre la cantidad de agua de cristalización liberada. Para ello se debe detener el calentamiento, primero a unos 100 °C, luego a 115 °C y por último a 150 °C. Esto permite determinar la diferencia de masas respecto a la masa inicial, después de que la sustancia se ha enfriado.

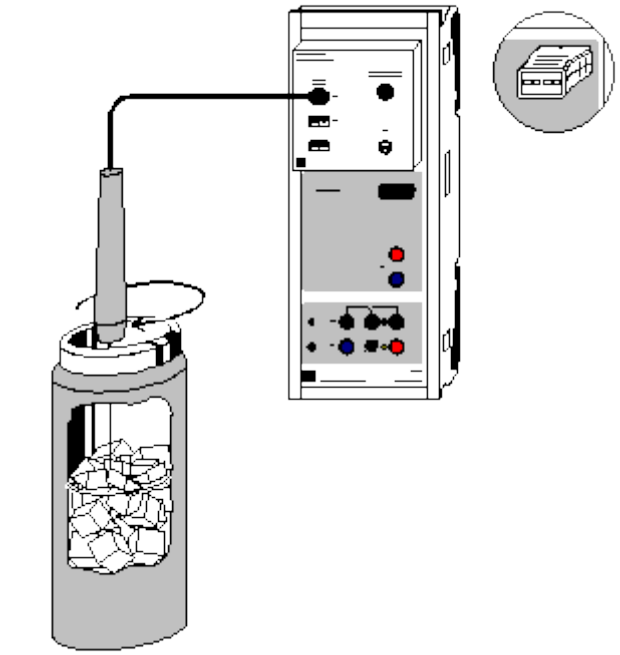
En el arreglo experimental descrito pueden hacerse otros estudios. Es sumamente apropiado por ejemplo para:

- la observación de las transiciones de fase del azufre (transición entre la modificación α y β a aprox. 100 °C, el punto de fusión a 119 °C, transición entre los fundidos λ y μ a partir de 159 °C),

- la determinación de reacciones fuertemente exotérmicas, debido a que la determinación de las temperaturas de desprendimiento es relativamente no peligrosa por la poca cantidad de sustancia (por ejemplo: ignición de pólvora),
- la elaboración de diagramas de estado de mezclas (por ejemplo: estaño y plomo).

El uso de un calentador apropiado para el regulador de potencia (Catálogo No. 667 823) permite la regulación exacta para el incremento constante de la temperatura.

Preparación de una mezcla fría



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Si se mezcla hielo con una sal, la sal se disuelve y se funde una parte del hielo en el agua que se forma. La energía requerida para la fusión y disolución se toma del ambiente, de tal forma que la mezcla total se enfría. Según el tipo de sal se alcanzan temperaturas de hasta -60 °C. Incluso líquidos solubles en agua (por ej. etanol) pueden producir el mismo efecto.

La fusión del hielo al añadirle una sal se debe a la reducción del punto de congelación de una solución frente al disolvente puro. Esto hace que el equilibrio agua-hielo sea desplazado al estado líquido, y se tome calor del ambiente hasta que se haya establecido el equilibrio a una temperatura inferior.

En el ensayo se prepara en un recipiente Dewar una mezcla fría simple con sal común y hielo. Con esta mezcla de bajo costo se pueden alcanzar incluso temperaturas de -20 °C.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de NiCr-Ni S	524 067(3)
1	Sonda de temperatura NiCr-Ni, tipo K	529 676
1	Recipiente Dewar, 0,5 l	667 320
8	Vidrios de reloj, ∅ = 8 cm	664 154
1	Balanza de laboratorio	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Cloruro de sodio, por ej. 250 g	673 5700
Hielo, aprox. 200 g	
Agua destilada	

Preparación del ensayo

- Conecte la unidad Química a la entrada A del Sensor-CASSY, con la sonda de temperatura conectada en T_1.
- En el vidrio de reloj pese en cada vez 10 g de cloruro de sodio.
- Triture el hielo los más pequeño posible, para que se pueda mezclar bien con la sal común.

Calibración

Para garantizar una precisión suficiente se debe realizar una calibración de la sonda de temperatura antes de la primera medición y posteriormente a intervalos mayores.

- Cargar ajustes
- Sumerja la sonda de temperatura en el agua helada (mezcla de hielo y un poco de agua), agite la sonda de temperatura y espere hasta que en los instrumentos indicadores se hayan establecido valores estables en ± 0,1 °C.
- En Ajustes ϑA11 bajo **Corregir** ingrese el primer valor referencial "0" y pulse el botón **Corregir offset**.
- Guarde los ajustes calibrados con **F2** bajo un nuevo nombre.
- Marque el Sensor-CASSY, la unidad Química y la sonda de temperatura para que puedan ser utilizados nuevamente en la misma combinación (sólo de esta manera la calibración guardada es la apropiada).

Realización del ensayo

- Utilice los ajustes calibrados o cárguelos.
- Llene el Dewar con el hielo triturado y añada un poco de agua destilada.
- Sumerja la sonda de temperatura en el hielo y agite la mezcla con la sonda.
- Registre el primer valor con **F9** ó el botón  y escriba como primer valor de la tabla "0" en la columna m_{NaCl}. Para ello haga un clic con la tecla izquierda del ratón e ingrese el número mediante el teclado.

Mantenga el siguiente desarrollo hasta que toda la sal común haya sido añadida al hielo:

- Ponga 10 g de sal común en el Dewar.
- Con la sonda de temperatura agite cuidadosamente hasta que se mida una temperatura uniforme en toda la mezcla fría (verifíquelo mediante el instrumento indicador ϑ_{A11}).
- Regístrela con **F9** o con el botón .
- En la celda de la columna m_{NaCl} ingrese la masa total de la sal común añadida hasta ese momento.

Evaluación

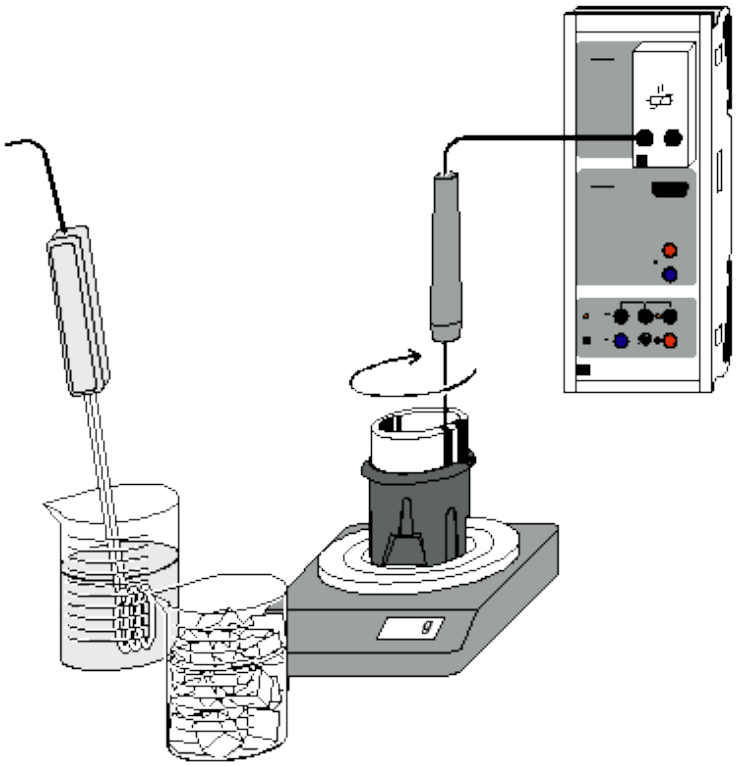
La curva de medición muestra la temperatura en la mezcla fría en función de la masa de cloruro de sodio añadido. Claramente se aprecia que los 10 g NaCl añadidos al hielo frío actúan con mayor efectividad sobre la reducción de temperatura que añadirlos a una mezcla fría que ya contiene bastante sal. Después de añadir 60 g de NaCl se presenta una saturación. Al añadir más sal común ya no produce un enfriamiento adicional, debido a que el límite de solubilidad de la sal común en el agua presente ha sido alcanzado.

Para ubicar mejor la temperatura de saturación se puede trazar una línea horizontal con **Alt+H** por el mínimo de temperatura. El valor de la temperatura quedará indicado en la línea de estado y puede ser insertado en el diagrama con el ratón o mediante la combinación de teclas **Alt+T**.

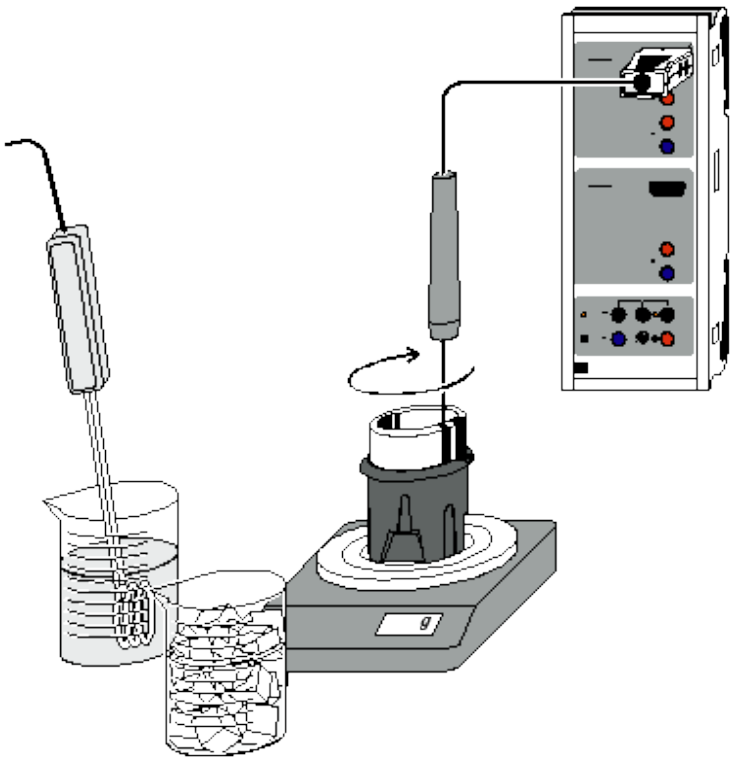
Si se desea, los valores de la temperatura también pueden ser visualizados como diagrama de barras. Para ello pulse el botón derecho del ratón en el diagrama y elija **Seleccionar representación de valores** e **Insertar barras**.

Para imprimir el diagrama creado accione el símbolo de impresora situado en la barra superior de la pantalla.

Determinación de la entalpía de fusión del hielo



Alternativamente con el sensor de temperatura S:



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se determina la temperatura de mezcla ϑ_m de una determinada cantidad de hielo que se mezcla y disuelve completamente en el agua caliente de un calorímetro. Esta temperatura de mezcla depende de las masas del hielo (m_1) y del hielo (m_2) y de las temperaturas iniciales respectivas ϑ_1 y ϑ_2. Para simplificar la evaluación el hielo es llevado a ϑ_2 = 0 °C antes de la medición.

El registro rápido de datos con CASSY Lab permite obtener una curva de temperatura que puede ser usada para el cálculo de la entalpía de fusión del hielo. Con el mismo montaje simplificado se pueden hacer otras mediciones calorimétricas, por ejemplo, ensayos de mezclas o determinaciones de capacidades caloríficas.

Equipo requerido (Unidad Temperatura)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura NTC	666 212
1	Recipiente Dewar	386 48
1	Calefactor de inmersión de seguridad	303 25
1	Vaso de precipitados, forma baja, 250 ml	664 130
1	Vaso de precipitados, forma baja, 600 ml	664 132
1	Balanza, rango de medición hasta 500 g, resolución de 0,01 g	
1	Paño absorbente	

Equipo requerido (Sensor de temperatura S)

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Sensor de temperatura S	524 044
1	Recipiente Dewar	386 48
1	Calefactor de inmersión de seguridad	303 25
1	Vaso de precipitados, forma baja, 250 ml	664 130
1	Vaso de precipitados, forma baja, 600 ml	664 132
1	Balanza, rango de medición hasta 500 g, resolución de 0,01 g	
1	Paño absorbente	

Sustancias requeridas

Hielo, aprox. 100 g
Agua destilada

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor de temperatura a la unidad Temperatura y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY. Alternativamente se puede conectar el sensor de temperatura S.

En el vaso de precipitados grande caliente agua destilada hasta una temperatura de 80 °C. Ponga el Dewar seco en la balanza y ajuste la indicación de la misma a 0.

Calibración

Mientras que el agua se calienta calibre el sensor de temperatura:

- Cargar ajustes
- Triture el hielo y llénelo en el otro vaso de precipitados.
- Vierta un poco de agua destilada. Después de un corto tiempo de espera se debe tener un equilibrio hielo-agua a 0 °C.
- Sumerja el sensor de temperatura en la mezcla hielo-agua y agítela.
- Ingrese el valor referencial 0 en Ajustes Entrada del sensor ϑA1 bajo **Corregir** en la primera línea y accione luego el botón **Corregir offset**.

Realización del ensayo

- Llene aproximadamente 120 g de agua caliente en el Dewar.
- Evacue el agua de la mezcla de hielo-agua, vierta el hielo sobre el paño y séquelo bien.
- En la balanza lea la masa del agua caliente y anótela.
- Coloque la sonda de temperatura en el recipiente.
- Inicie la medición con **F9** o el botón .
- Después de aprox. 30 a 60 segundos de espera vierta el hielo del paño en el Dewar. Al mismo tiempo agite continuamente con la sonda de temperatura.
- Siga agitando hasta que el hielo se haya disuelto completamente.
- Después de unos 30 a 60 segundos finalice la medición con **F9** ó con el botón .
- Retire la sonda de temperatura del Dewar, deje gotearla bien y lea la masa total en la balanza y anótela.

Evaluación

En el diagrama se ha graficado los datos de la temperatura ϑ en función del tiempo t.

1. Para determinar la temperatura del calorímetro y la temperatura de la mezcla en primer lugar trace una recta en las porciones lineales de la curva, al inicio y al final de la medición (para ello pulse cada vez la tecla derecha del ratón en el diagrama, seleccione **Realizar ajustes** y **Recta promedio** y marque la porción de curva respectiva).

2. Luego trace una línea vertical con **Alt+V** posicionada con el ratón de tal forma que las dos superficies (aproximadamente triangulares) sean iguales y estén formadas cada una por una recta de ajuste, la línea vertical y las curvas de medición. El punto de corte de las rectas verticales con las rectas superiores indica la temperatura inicial del calorímetro ϑ_1, el punto inferior indica la temperatura de mezcla ϑ_m. Como las rectas transcurren casi horizontalmente, se espera que sólo haya un error relativamente pequeño (± 0,1 °C).

3. Para determinar exactamente las coordenadas accione **Alt+C** y desplace el puntero del ratón exactamente al punto de corte. Las coordenadas son indicadas en la línea de estado situada en la parte inferior, a la izquierda. Para insertarlas en el diagrama como texto pulse **Alt+T**.

El cálculo de la entalpía de fusión ΔH_f puede deducirse de la siguiente manera:

I) Cantidad de calor que entregan el calorímetro y el agua caliente:

$$\Delta Q_1 = c_w \cdot (m_1 + m_0) \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_m)$$

II) Cantidad de calor que el hielo (ϑ_2 = 0 °C) recibe del calorímetro:

$$\Delta Q_2 = m_2 \cdot \Delta H_f + m_2 \cdot c_w \cdot (\vartheta_m - 0)$$

En donde c_w es la capacidad calorífica del agua, m_1 es la masa de agua caliente, m_2 es la masa del hielo y m_0 es el equivalente del agua del calorímetro. Como no se lleva a cabo ningún intercambio de calor con el ambiente se cumple

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2 .$$

Con las expresiones anteriores se calcula la entalpía de fusión ΔH_f

$$\Delta H_f = \left(\frac{m_1 + m_0}{m_2} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_m) - \vartheta_m \right) \cdot c_w .$$

Reemplazando el equivalente del agua m_0 = 24 g del recipiente Dewar utilizado se obtiene la entalpía de fusión a partir de los datos medidos del ejemplo de medición:

$$\Delta H_f = \left(\frac{121 + 24}{75{,}6} \cdot (73{,}5 - 21{,}5\ °C) - 21{,}5\ °C \right) \cdot 4{,}19\ J/°C \cdot g = 327{,}8\ J/g$$

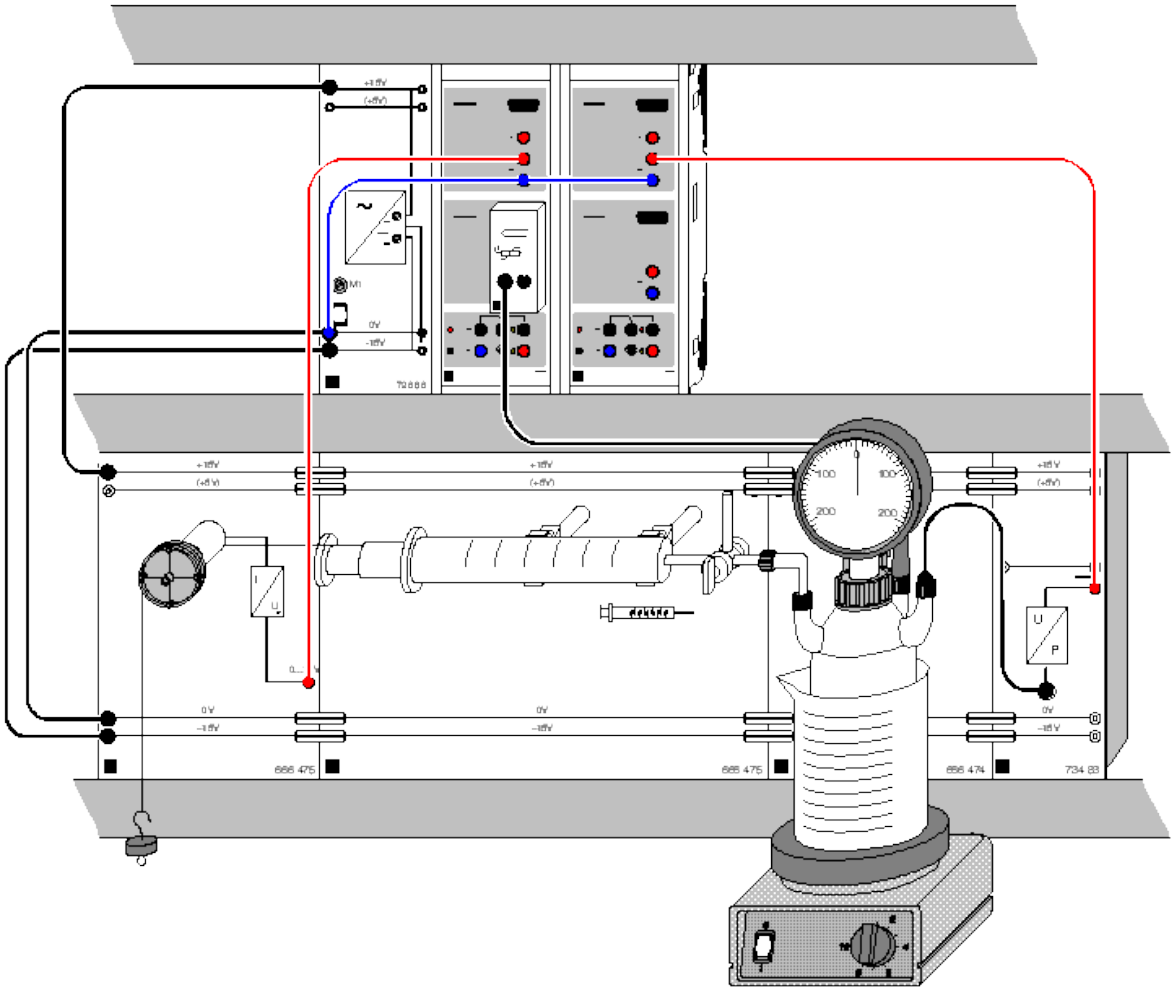
Este valor es bastante cercano a 334 J/g que se encuentra en la literatura.

ΔH_f es esencialmente mayor que la capacidad calorífica de 1 g de agua:

$$\frac{\Delta H_f}{c_w \cdot 1\,g} = \frac{334}{4{,}19} = 79{,}7$$

Significado: con la energía que se requiere para la fusión de 1 g de hielo de 0 °C, se puede calentar 1 g de agua de 0 °C a aprox. 80 °C.

Leyes de los gases



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este ensayo se registran en paralelo 3 magnitudes: presión p, temperatura T y el volumen V. En el caso que los gases se comporten como gases ideales se cumple la ley de los gases ideales

$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$,

en donde n es la cantidad de sustancia en moles y R = 8,315 J/K/mol la constante universal de los gases. Para la verificación experimental de la ley de los gases, de los tres parámetros variables (p, V y T) uno es mantenido constante. De aquí se deducen las tres leyes de los gases:

Ley de Boyle-Mariotte (T = const., proceso isotérmico): p ~ 1/V
Ley de Amontons (V = const., proceso isócoro): p ~ T
Ley de Gay-Lussac (p = const., proceso isóbaro): V ~ T

Equipo requerido

2	Sensor-CASSYs	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura, NiCr-Ni	666 216
1	Transductor electrónico de desplazamiento CPS	666 475
1	Convertidor CPS-P/U	734 83

1	Unidad básica Leyes de los gases	666 474
1	Jeringa para la ley general de los gases	666 473
1	Fuente de alimentación estabilizada, ±15 V	726 86
1	Agitador magnético, calentable	666 847
1	Barritas de agitación	666 854
1	Soporte elevador	300 76
1	Vaso de precipitados, 1000 ml, bajo	664 107
1	Tapa roscada GL 18	667 305
1	Juego de 10 junturas silicónicas	667 306
1	Juego de 10 conectores puente	501 511
1	Bastidor perfilado C100, dos niveles	666 428
3	Cables, 100 cm, negros	500 444
2	Pares de cables, 100 cm, rojos y azules	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Coloque el transductor de desplazamiento electrónico, la jeringa para las leyes de los gases, la unidad básica "Leyes de los gases" y la fuente de alimentación en el riel inferior del bastidor y conecte entre sí los paneles individuales mediante los conectores puente. A la unidad básica conecte la jeringa, el termoelemento y el sensor de presión con las uniones GL 18 respectivas. Selle la unión GL 45 con la tapa roscada adjunta. Sujete la pesita mediante un sedal en la pinza para la jeringa. Presionar la pinza al extremo del émbolo y colocar el sedal enrollándolo dos veces sobre la rueda del transductor electrónico de desplazamiento. La pesita debe quedar suspendida unos 30 a 40 cm de altura por sobre la superficie de experimentación cuando el émbolo está completamente insertado. Acorte el sedal respectivamente.

Monte ambos Sensor-CASSYs en el riel superior del bastidor CPS y conéctelos en cascada (conectarlos directamente entre sí). Las entradas analógicas del Sensor-CASSY deben asignarse como sigue:

- Una la entrada del sensor A_1 con la salida de tensión del transductor electrónico de desplazamiento CPS mediante cables de experimentación.
- Conecte la entrada del sensor B_1 con la sonda de temperatura NiCr-Ni a través de la unidad Temperatura.
- Conecte la entrada del sensor A_2 con la salida de tensión del convertidor CPS-P/U mediante cables de experimentación.

Realización del ensayo

a) Ley de Boyle-Mariotte (T = const., p ~ 1/V)

☐ Cargar ajustes
- Abra la llave de tres vías.
- Extraiga el émbolo del cilindro hasta la marca de 100 ml y gire la polea hasta un poco antes del tope izquierdo.
- Controle el volumen V = 725 ml, en caso dado ajústelo con el tornillo del transductor electrónico de desplazamiento CPS.
- Cierre la llave de tal forma que sólo haya una vía libre entre el cilindro y la botella, y que no entre aire desde el exterior.
- Registre los primeros datos con **F9**.
- Presione cuidadosamente el émbolo en intervalos de 10 ml y espere hasta que se haya alcanzado nuevamente la temperatura anteriormente medida (temperatura ambiente).
- Registre otros valores cada vez con **F9**.

b) Ley de Amontons (V = const., p ~ T)

☐ Cargar ajustes
- Abra la llave de tres vías para ventilar la botella de Woolf.
- Cierre la llave de tal forma que no haya ninguna vía libre a la botella.
- Encienda la placa calefactora y el agitador magnético.
- Inicie la medición automática con **F9**.

- Antes de que el agua empiece a hervir en el vaso de precipitados, desconecte la placa calefactora y finalice la medición con **F9**.

c) Ley de Gay-Lussac (p = const., V ~ T)

- Cargar ajustes
- Encienda la placa calefactora y el agitador magnético.
- Antes de que el agua en el vaso de precipitados empiece a hervir, desconecte la placa calefactora.
- Abra la llave de tres vías.
- Extraiga el émbolo del cilindro hasta la marca de 100 ml y gire la polea hasta un poco antes del tope izquierdo.
- Controle el volumen V = 725 ml, en caso dado ajústelo con el tornillo del transductor electrónico de desplazamiento CPS.
- Cierre la llave de tal forma que sólo haya una vía libre entre el cilindro y la botella, y que no entre aire desde el exterior.
- Registre los primeros datos con **F9**.
- Presione cuidadosamente el émbolo en intervalos de 5 ml y espere hasta que se haya alcanzado nuevamente la presión anteriormente medida (presión ambiente).
- Registre otros valores cada vez con **F9**.
- Finalice la medición, tan pronto como se alcance aproximadamente la temperatura ambiente.

Evaluación

Para la evaluación de cada experimento se utilizan los siguientes diagramas:

a) Ensayo con proceso isotérmico (T = const.): Diagrama p(V)
b) Ensayo con proceso isócoro (V = const.): Diagrama p(T)
c) Ensayo con proceso isóbaro (p = const.): Diagrama T(V)

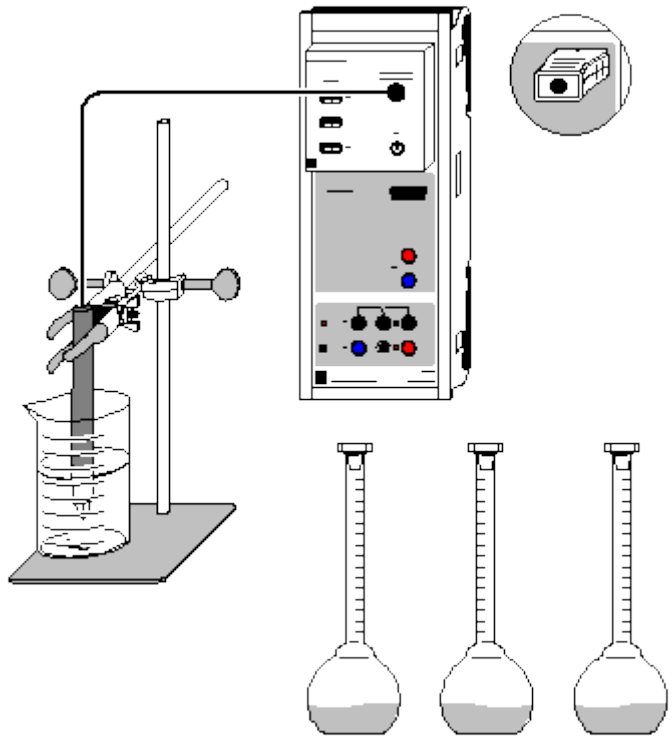
Estos diagramas han sido preparados en la representación **Regresión** (haga un clic con el ratón) con una escala tal que las coordenadas del punto cero estén visibles y en el menú de evaluaciones (pulse la tecla derecha del ratón sobre el diagrama) se pueda seleccionar uno de los siguientes ajustes:

a) Ensayo con proceso isotérmico (p ~ 1/V): Hipérbola 1/x
b) Ensayo con proceso isócoro (p ~ T): Curva promedio o por origen
c) Ensayo con proceso isóbaro (T ~ V): Curva promedio o por origen

Nota

La escala en la representación **Regresión** empieza cada vez con el cero y comprende un rango bastante grande. De esta forma se pueden reconocer mejor los comportamientos acentuados e intersecciones y explicarlos mejor.

Determinación de la conductividad de diferentes soluciones



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La conductividad eléctrica de soluciones acuosas depende de varios parámetros:

a) Concentración de la solución, b) Grado de disociación de la sustancia, c) Movilidad de los iones y d) Tamaño de la carga.

De la comparación de las conductividades medidas de diferentes soluciones se pueden sacar conclusiones sobre este parámetro.

Los valores obtenidos son representados por CASSY Lab en una ventana grande, fácil de leer y en diagramas representativos.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Soporte de mechero Bunsen, 450 mm	666 502
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma alta	664 137
15	Matraces aforados, 100 ml	665 793
1	Pipeta volumétrica, 50 ml	665 977
1	Pipeta volumétrica, 10 ml	665 975
2	Bombillas de pipetas	666 003
1	Espátula	666 962
1	Vidrio de reloj, por ej. 80 mm	664 154
1	Embudo para polvo, por ej. 60 mm	602 681

1 Balanza (mínimo hasta 100 g,
Resolución 0,01 g)
1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Sustancias requeridas

Glucosa D(+), por ej. 100 g	672 1100
Ácido acético, c = 1 mol/l, por ej. 1000 ml	671 9590
Sulfato de magnesio +7$H_2$0, por ej. 100 g	673 1600
Cloruro de sodio, por ej. 250 g	673 5700
Ácido clorhídrico, c = 1 mol/l, 500 ml	674 6900
Agua destilada	
eventualmente:	
Solución de calibración, 111,8 mS/cm	667 4644
Solución de calibración, 12,88 mS/cm	667 4640

Preparación de las soluciones

Para preparar las soluciones de medición se requiere la balanza, las pipetas, los matraces aforados, la espátula, el vidrio de reloj y el embudo. Cada vez se debe preparar tres soluciones de diferentes concentraciones. Por supuesto, para la medición también pueden prepararse otras soluciones de otras concentraciones o simplemente prescindir de algunos datos.

1) Soluciones de glucosa (1 mol/l, 0,5 mol/l, 0,1 mol/l)

En el vidrio de reloj ya puesto en la balanza pese exactamente 19,82 g (1 mol/l) y 9,91 g (0,5 mol/l) y 1,98 g (0,1 mol/l) de glucosa y enjuague cada vez con agua destilada el vidrio de reloj hacia un matraz aforado de 100 ml usando el embudo. Al final limpie el vidrio de reloj, la espátula y el embudo.

2) Soluciones de ácido acético (0,5 mol/l, 0,1 mol/l, 0,01 mol/l)

Con la pipeta añada 50 ml (0,5 mol/l) y 10 ml (0,1 mol/l) 1 molar de ácido acético cada vez a un matraz aforado de 100 ml y llénelos con agua destilada hasta la marca de aforo. El ácido acético 0,01 molar obténgalo de 10 ml de la solución 0,1 molar en un nuevo matraz.

3) Soluciones de magnesio (0,5 mol/l, 0,1 mol/l, 0,01 mol/l)

En el vidrio de reloj ya puesto en la balanza pese exactamente 12,32 g (0,5 mol/l) ó 2,46 g (0,1 mol/l) de sulfato de magnesio y enjuague con agua destilada el vidrio de reloj cada vez hacia un matraz aforado de 100 ml usando el embudo. La solución 0,01 molar obténgala con la pipeta enjuagada de 10 ml de la solución de sulfato de magnesio 0,1 molar en un nuevo matraz. Al final limpie el vidrio de reloj, la espátula, el embudo y la pipeta.

4) Soluciones de NaCl (0,5 mol/l, 0,1 mol/l, 0,01 mol/l)

En el vidrio de reloj ya puesto en la balanza pese exactamente 2,92 g (0,5 mol/l) de cloruro de sodio y enjuague con agua destilada el vidrio de reloj cada vez hacia un matraz aforado de 100 ml usando el embudo. La solución 0,1 molar obténgala con la pipeta de 20 ml de la solución 0,5 molar en un nuevo matraz, la solución 0,01 molar de 10 ml de la solución 0,1 molar.

5) Soluciones de ácido clorhídrico (0,5 mol/l, 0,1 mol/l, 0,01 mol/l)

Con las pipetas limpias añada 50 ml (0,5 mol/l) y 10 ml (0,1 mol/l) de ácido clorhídrico 1 molar, cada una en un matraz aforado de 100 ml y llénelos con agua destilada hasta la marca de aforo. La solución de 0,01 molar obténgala de 10 ml 0,1 molar HCl en un nuevo matraz.

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor de conductividad a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY. Después de limpiar bien el sensor con agua destilada sujételo con una pinza y con la mordaza en cruz desplácelo en el soporte a la altura requerida.

Calibración

- Cargar ajustes

La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.

Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga la distancia de 1 cm a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en la **ventana de corrección** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.

Realización del ensayo

Cargar los ajustes calibrados

Mantenga la siguiente secuencia para el agua destilada, soluciones de: glucosa, ácido acético, sulfato de magnesio, soluciones de cloruro sódico y ácido clorhídrico, en cada caso empiece con la más mínima concentración:

- Enjuague bien electrodo y vaso de precipitados con 30 a 40 ml de solución.
- Llene aproximadamente otros 60 ml de solución en el vaso de precipitados.
- Coloque el sensor de conductividad de tal forma que se sumerja hasta 2 cm de profundidad en el líquido y se encuentre a 1 cm de distancia de todas las paredes.
- En caso necesario cambie el rango de medición en Ajustes Conductividad CA1. Seleccione siempre el rango de medición mínimo posible.
- Luego de que se haya establecido un valor estable, registre el dato con la tecla **F9** ó con el botón .
- Inserte la concentración que corresponda al dato y la sustancia en el diagrama. Para ello pulse la combinación de teclas **Alt+T** para ingresar la sustancia y el valor de la concentración y posicione con el ratón el lugar en el diagrama donde el texto será insertado.
- Antes del inicio de la medición de conductividad y para simplificar la evaluación con una nueva sustancia seleccione **Adjuntar nueva serie de medición** en Parámetros de medición.
- Antes de medir la conductividad de una nueva sustancia enjuague bien con agua destilada el vaso de precipitados y el sensor de conductividad.

Evaluación

Los valores de la medición pueden ser bien leídos por las personas situadas a distancia gracias a la representación del instrumento indicador en formato grande. Los valores son insertados automáticamente en los diagramas como barras para comparar con claridad las diferentes conductividades.

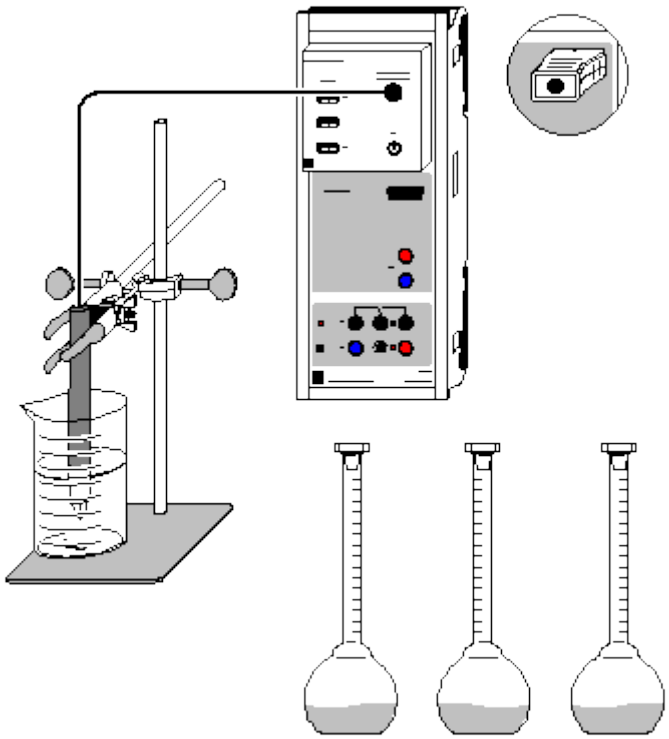
A tal efecto se ha preparado el diagrama **Conductividad específica** como una vista completa; para la comparación directa entre dos sustancias se dispone de otras representaciones. Para separar con claridad las diferentes sustancias entre las series de medición se puede insertar líneas verticales en el diagrama pulsando la combinación de teclas **Alt+V**.

Queda claro que la conductividad de una solución depende fuertemente de la concentración. Además, de los resultados se comprueba que los electrolitos fuertes, con gran poder de disociación, conducen mucho mejor la corriente que las sustancias que no se disocian o que sólo lo hacen en porcentajes reducidos. De la más alta conductividad del ácido clorhídrico respecto a las soluciones salinas se puede concluir acerca de la mayor movilidad de los iones de oxonio comparadas con los iones de sodio.

A pesar de la mayor carga iónica las soluciones de sulfato de magnesio concentradas no presentan una mayor conductividad que las soluciones NaCl respectivas porque los iones ejercen intensas fuerzas electrostáticas entre sí debido a la carga doble. En bajas concentraciones (distancias grandes entre los iones) como por ejemplo. 0,01 mol/l, la conductividad es comparativamente más alta que en el caso del NaCl.

Si desea imprimir estos diagramas haga un clic sobre el símbolo de impresora de la barra superior de la pantalla.

Determinación de la conductividad límite del cloruro de sodio



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Mediante mediciones de conductividad de soluciones de diferentes concentraciones del mismo electrolito se puede determinar algunos datos importantes de las sustancias. A partir de la conductividad específica C_{A1} medida de las soluciones de cloruro de sodio se debe calcular primero la conductividad equivalente Λ_{eq}. Ésta se define como la concentración equivalente referida a la conductividad específica:

$$\Lambda_{eq} = \frac{C_{A1}}{c_0 \cdot n}.$$

En donde c_0 es la concentración de la solución y n es el número de cargas positivas o negativas liberadas. Para el NaCl n es 1, debido a que se disocia según la siguiente ecuación:

$$NaCl \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^-$$

Como los iones liberados ejercen interacciones electrostáticas entre sí, la conductividad equivalente depende también de la concentración. Sólo en el caso de una disolución infinita la interacción es cero, ya que las distancias interiónicas se hacen infinitas. Por ello la conductividad equivalente para una disolución infinita Λ_0 (conductividad límite) refleja la conductividad equivalente de la sustancia completamente disociada sin interacciones iónicas. Λ_0 puede ser determinada gráficamente según la ley de la raíz cuadrada de Kohlrausch

$$\Lambda_{eq} = \Lambda_0 - K\sqrt{c_0}$$

El cociente formado por la conductividad equivalente y la conductividad límite Λ_{eq}/Λ_0 corresponde al grado de disociación α del cloruro de sodio. Este es cercano a 1 cuando los electrolitos son fuertes como el NaCl en soluciones muy poco concentradas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Soporte de mechero Bunsen, 450 mm	666 502
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma alta	664 137
1	Matraz aforado, 250 ml	665 794
6	Matraces aforados, 100 ml	665 793
1	Pipeta volumétrica, 10 ml	665 975
1	Pipeta volumétrica, 25 ml	665 976
2	Bombillas de pipeta	666 003
1	Espátula	666 962
1	Vidrio de reloj, por ej. 80 mm	664 154
1	Embudo para polvo, por ej. 60 mm	602 681
1	Balanza (mínimo hasta 100 g, resolución 0,01 g)	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Cloruro de sodio, por ej. 250 g	673 5700
Agua destilada	
eventualmente:	
Solución de calibración, 111,8 mS/cm	667 4644
Solución de calibración, 12,88 mS/cm	667 4640

Preparación de las soluciones

Para preparar las soluciones de medición se requiere la balanza, las pipetas, los matraces aforados, la espátula, el vidrio de reloj y el embudo.

Con el vidrio de reloj sobre la balanza pese exactamente 29,22 g de cloruro de sodio (0,5 mol) y enjuáguelo con agua destilada hacia el matraz de 250 ml usando el embudo. Luego de disolverse completamente y llenar hasta la marca de aforo utilice la solución de NaCl 2 molares contenida para preparar las otras soluciones. Para cada solución de 100 ml se requiere:

para 1 mol/l: 50 ml
para 0,8 mol/l: 40 ml
para 0,5 mol/l: 25 ml
para 0,2 mol/l: 10 ml
para 0,1 mol/l: de la solución con c = 1 mol/l: 10 ml
para 0,01 mol/l: de la solución con c = 0,1 mol/l: 10 ml

Si su propósito es estudiar toda la gama de concentraciones de la conductividad específica del NaCl se recomienda preparar adicionalmente algunas soluciones concentradas más altas, por ej. 1,5 mol/l, 3 mol/l, 4 mol/l, 5 mol/l y 6 mol/l.

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor de conductividad a la unidad Química y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY. Después de limpiar bien el sensor con agua destilada sujételo con una pinza y con la mordaza en cruz desplácelo en el soporte a la altura requerida.

Calibración

- Cargar ajustes

La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese como factor su constante de celda en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.

Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga una distancia a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en la **ventana de corrección** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.

Tal corrección con soluciones de calibración se requiere también para el sensor de conductividad aquí utilizado si el objetivo es medir soluciones de NaCl más concentradas, cuyas conductividades específicas sobrepasen los 100 mS/cm. Esto sucede con las concentraciones mayores de 1,5 mol/l.

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

Empiece con la menor concentración (0,01 mol/l) en una secuencia creciente hasta la solución 2 molar manteniendo los siguientes pasos:

- Enjuague bien electrodo y vaso de precipitados con 30 a 40 ml de solución.
- Evacue esta solución en el fregadero.
- Llene la solución restante en el vaso de precipitados.
- Coloque el sensor de conductividad de tal forma que se sumerja hasta 2 cm de profundidad en el líquido y se encuentre a 1 cm de distancia de todas las paredes.
- En caso necesario cambie el rango de medición en Ajustes Conductividad CA1. Seleccione siempre el rango de medición mínimo posible.
- Después de que se haya establecido un valor estable, registre el dato con la tecla **F9** ó con el botón .
- Inserte la concentración que corresponda al dato en la tabla. Con tal propósito pulse el botón izquierdo del ratón en la celda de la tabla respectiva e ingrese el valor de la concentración por medio del teclado.
- Evacue la solución.

Evaluación

Los valores determinados para C_{A1} indican la conductividad específica de la solución. Ésta no es ninguna magnitud específica de la sustancia, sino que depende de la concentración y temperatura. La compensación programada de temperatura de CASSY Lab para el sensor refiere automáticamente los datos a la temperatura estándar de 25 °C.

Para evaluar los datos en CASSY Lab se ha preparado 4 diagramas:

1. En el primer diagrama está graficada la **Conductividad específica** C_{A1} en función de la concentración c_0.

2. El segundo diagrama reproduce la dependencia de la **Conductividad equivalente** Λ_{eq} respecto de la concentración.

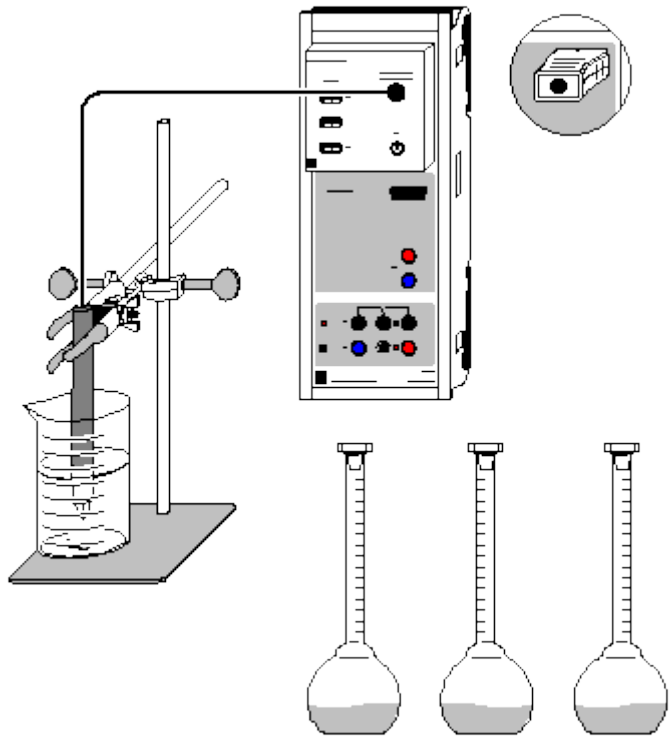
3. Según la ley de la raíz cuadrada de Kohlrausch, la gráfica de la conductividad equivalente en función de la raíz de la concentración molar en el rango de concentraciones menores resulta aproximadamente una recta, con la conductividad límite como la sección que corta al eje. Este comportamiento se puede observar en la **Gráfica de Kohlrausch**. La pendiente k depende del número de iones que surgen en la disociación (en NaCl es más aplanada que por ejemplo en H_2SO_4).

Para ajustar una recta en el diagrama haga un clic sobre el botón derecho del ratón, seleccione **Realizar ajustes** y Recta promedio. Obtenga una recta luego de marcar la porción de curva entre 0 y 0,5 mol/l, cuya pendiente A y la sección de corte al eje B pueden ser leídos en la línea de estado de la parte inferior, a la izquierda. Para insertar estos valores como texto en el diagrama arrástrelos con el ratón o pulse la combinación de teclas **Alt+T**. El parámetro A corresponde a -k en la expresión de Kohlrausch y B es el valor de la conductividad límite Λ_0. Este valor debe ser ingresado en el campo Fórmula en Ajustes $\Lambda 0$ para calcular α.

4. Por último, el diagrama **Grado de disociación** indica los datos calculados para α. Aquí se puede apreciar que en los electrolitos fuertes el grado de disociación alcanza casi el valor 1 para concentraciones muy bajas. Este comportamiento que difiere del ideal para un electrolito fuerte se

explica por las interacciones entre los iones (formación de iones asociados por la fuerza de Coulomb, obstaculización de la migración de los iones a través de la solución).

Determinación de la constante de disociación del ácido acético



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Nota de peligro

El ácido acético en altas concentraciones es corrosivo. Porte gafas de protección, guantes y ropa de protección. No inhale el vapor del ácido acético concentrado.

El ácido acético concentrado es inflamable. Evite la llama abierta, no fume.

Descripción del ensayo

En este ensayo se mide la conductividad específica del ácido acético a diferentes concentraciones y a partir de estos datos se calcula la conductividad equivalente Λ_{eq}. Los valores calculados muestran que no se cumple la ley de la raíz cuadrada de Kohlrausch utilizada para determinar la conductividad límite en electrolitos débiles. Con la conductividad límite del ácido acético obtenida a partir de las conductividades límites individuales de los iones se puede calcular el grado de disociación α y las constantes de equilibrio K_{Diss} del equilibrio de disociación del ácido acético por medio de la ley de disolución de Ostwald.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Química o Adaptador de Conductividad S	524 067(1)
1	Sensor de conductividad	529 670
1	Soporte de mechero Bunsen, 450 mm	666 502
1	Mordaza en cruz	666 543
1	Pinza pequeña	666 551
1	Vaso de precipitados, 100 ml, forma alta	664 137
9	Matraces aforados, 100 ml	665 793
1	Pipeta volumétrica, 10 ml	665 975
1	Pipeta volumétrica, 50 ml	665 977

2	Bombillas de pipeta	666 003
1	Recipiente colector de aprox. 1,5 l de capacidad volumétrica	
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Ácido acético, 99-100 % (aprox. 17,5 mol/l), 500 ml	671 9510
Ácido acético, c = 1 mol/l, 1000 ml	671 9590
Agua destilada	

Preparación de las soluciones

Para preparar las soluciones de ácido acético se requiere pipetas y matraces aforados.

Cantidades de ácido acético puro para 100 ml de solución:

- para HAc 50 % (8,75 mol/l): 50 ml
- para HAc 20 % (3,5 mol/l) y 10 % (1,75 mol/l): 20 ml y 10 ml

Para preparar otras soluciones utilizar ácido acético 1 molar:

- para HAc, c = 0,5 mol/l: 50 ml
- para HAc, c = 0,1 mol/l: 10 ml

Llene los matraces respectivos hasta la marca de aforar. Utilice las soluciones de ácido acético ya preparadas para obtener otras soluciones. Para ello, llene cada vez en un nuevo matraz, 10 ml de la solución de HAc con la concentración 10 veces mayor, luego añada agua destilada hasta la marca y obtenga soluciones de las siguientes concentraciones:

c = 0,05 mol/l, c = 0,01 mol/l, c = 0,005 mol/l, c = 0,001 mol/l

De esta manera se dispone de once soluciones de ácido acético para medir la conductividad en diferentes concentraciones. Si se propone realizar estudios detallados en toda la gama de valores de la conductividad específica, entonces es recomendable preparar otras soluciones en un rango de concentraciones elevadas (por ejemplo: 30 %, 40 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %).

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Inserte la unidad Química, con el sensor de conductividad conectado, a la entrada A del Sensor-CASSY. Una vez que el sensor haya sido bien enjuagado con agua destilada sujételo con una pinza, de tal forma que pueda ser desplazado en dirección vertical aflojando y apretando el tornillo de la mordaza en cruz en el soporte.

Calibración

☐ Cargar ajustes

La constante de la celda del sensor de conductividad para la unidad Química está prefijada con 0,58 en CASSY Lab. Si utiliza otro sensor de conductividad, entonces ingrese su constante de celda como factor en **Corregir** del menú Ajustes Conductividad CA1 y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor**.

Para determinar con mayor precisión la constante de la celda se puede utilizar soluciones calibradoras. Para ello, primero enjuague el vaso de precipitados y el sensor de conductividad con agua destilada y luego con aprox. 30 a 40 ml de solución calibradora. En otros 50 ml de solución calibradora sumerja el sensor de conductividad como para la medición (mantenga una distancia a las paredes del vaso de precipitados), ingrese el valor teórico en la **ventana de corrección** en la segunda línea y luego haga un clic sobre el botón **Corregir factor** después de alcanzarse un valor estable.

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

Empiece con la solución de menor concentración (0,001 mol/l) en una secuencia creciente hasta el ácido acético al 100% manteniendo el siguiente desarrollo:

- Enjuague bien electrodo y vaso de precipitados de 100 ml con 30 a 40 ml de solución.

- Vierta esta solución en un recipiente colector.
- Llene la solución restante (aprox. 60 ml) en el vaso de precipitados de 100 ml.
- Fije el sensor de conductividad con la pinza en el soporte, de tal forma que se sumerja hasta 2 cm de profundidad en el líquido y se encuentre a 1 cm de distancia de todas las paredes.
- Registre el dato con la tecla **F9** o el botón  después de que se haya establecido un valor estable.
- Mediante el teclado ingrese el valor de la concentración en la tabla haciendo un clic en el lugar respectivo.
- Vierta la solución en el recipiente colector.

Evaluación

Los valores determinados para C_{A1} indican la conductividad específica de la solución. Esta no es ninguna magnitud específica de la sustancia, sino que depende de la concentración y temperatura. La compensación programada de temperatura de CASSY Lab para el sensor refiere automáticamente los datos a la temperatura estándar de 25 °C.

Para evaluar los datos en CASSY Lab se ha preparado varios diagramas:

1+2) En los primeros dos diagramas se ha graficado la conductividad específica C_{A1} en función de la concentración molar y en función del porcentaje volumétrico del ácido acético.

3) El tercer diagrama representa la **Conductividad equivalente** Λ_{eq} en función de la concentración.

4) Si el ácido acético fuera un electrolito fuerte, entonces la gráfica de la conductividad equivalente en función de la raíz cuadrada de la concentración molar daría una recta (véase más adelante: Ley de la raíz cuadrada de Kohlrausch). La fuerte desviación de este comportamiento puede verse en el diagrama **Kohlrausch**.

5) En el diagrama **Disociación** se ha graficado los valores para el logaritmo decimal negativo de la constante de disociación pK_{Diss} y el grado de disociación α calculados a partir de los valores medidos. Una razón que explica la reducción de K_{Diss} en altas concentraciones es que allí no está permitido asumir mas que la concentración del agua en la solución sea constante; otra razón es que allí se forman acumulaciones de iones al reducirse la distancia entre los mismos.

6) En el diagrama **Ostwald** se puede verificar cuan bien concuerdan los valores medidos con los valores de la literatura. Para ello se grafica el valor inverso de la conductividad equivalente (en $mol/(S*cm^2)$) hasta concentraciones de 1 mol/l en función de la conductividad específica. Con la pendiente y la sección que corta al eje de la recta obtenida se puede calcular K_{Diss} y Λ_0 (véase la última ecuación en la sección Fundamento teórico). Debido a que los pequeños errores de los valores medidos reproducen errores grandes en la gráfica se ha prescindido de este cálculo. En lugar de ello se utilizan los valores de K_{Diss} y Λ_0 de la literatura para verificar los valores medidos:

En el menú Libre ajuste (combinación de teclas **Alt+F**) se calcula la recta respectiva con los parámetros A para pK_{Diss} y B para Λ_0. Allí se debe ingresar "1/B + x/(B^2 * 10^-A)" en el campo previsto para la fórmula; para pK_{Diss} (parámetro A) se ingresa el valor de la literatura "4,76" y para Λ_0 (parámetro B) el valor "390,6" y se activa la casilla de verificación **Constante**. Después de hacer un clic en **Continuar con marcar rango** se debe seleccionar un rango cualquiera de los valores graficados para obtener la recta calculada.

Fundamento teórico

La conductividad equivalente Λ_{eq} es una magnitud específica de la sustancia. Está definida como el cociente entre la conductividad específica C_{A1} y la concentración equivalente:

$$\Lambda_{eq} = \frac{C_{A1}}{c_0 \cdot n}$$

en donde c_0 es la concentración molar de la sustancia diluida y n el número de cargas positivas o negativas. En el caso de ácido acético n = 1:

$$HAc + H_2O \rightleftharpoons Ac^- + H_3O^+ .$$

Dos parámetros característicos describen el equilibrio: el grado de disociación α y la constante de equilibrio de disociación (constante del ácido) K_{Diss}.

α está definido como

$$\alpha = \frac{[Ac^-]}{c_0}$$

en donde c_0 es la concentración inicial del ácido acético y $[Ac^-]$ es la concentración de los iones acetato en la solución.

K_{Diss} es idéntica a la constante de acidez del ácido acético:

$$K_{Diss} = \frac{[Ac^-] \cdot [H_3O^+]}{[HAc]}$$

.

Al reemplazar

$$[Ac^-] = [H_3O^+] = \alpha \cdot c_0$$

y

$$[HAc] = (1 - \alpha) \cdot c_0$$

en la ecuación para K_{Diss} se deduce "la ley de la raíz cuadrada de Ostwald". Para los electrolitos de una sola valencia:

$$K_{Diss} = \frac{\alpha^2 \cdot c_0}{1 - \alpha}$$

.

De aquí que para electrolitos débiles con K_{Diss} pequeña se tenga un aumento de α en una concentración c_0 que disminuye, hasta obtenerse $\alpha = 1$ para una disolución infinita. Incluso los electrolitos débiles en una disolución infinita se disocian completamente, ya que la recombinación no se lleva más a cabo a causa de las distancias infinitas catión-anión.

Para la conductividad límite, es decir la conductividad equivalente en el caso de una disolución infinita Λ_0, se cumple $\alpha = 1$. Debido a que la conductividad equivalente es proporcional al porcentaje de moléculas disociadas, el grado de disociación puede ser determinado también mediante

$$\alpha = \frac{\Lambda_{eq}}{\Lambda_0}$$

Para electrolitos fuertes es válida la "ley de la raíz cuadrada" de Kohlrausch:

$$\Lambda_{eq} = \Lambda_0 - K\sqrt{c_0}$$

.

De esta expresión se puede determinar gráficamente Λ_0. Para electrolitos débiles Λ_0 debe ser obtenida por un procedimiento indirecto mediante la "ley de la migración independiente de iones". Esta ley dice que iones cargados opuestos en una disolución infinita se mueven independientemente entre sí. Para enlaces univalentes esto es:

$$\Lambda_0 = \lambda_+ + \lambda_-$$

λ_+ y λ_- son las conductividades equivalentes de los tipos de cationes y aniones individuales en una solución infinita. Como éstas no pueden ser medidas individualmente, se forma la suma de las conductividades límites conocidas de electrolitos fuertes. Así, para el ácido acético se calcula la conductividad equivalente en una solución infinita de la siguiente manera:

$$\Lambda_0(HAc) = \Lambda_0(HCl) + \Lambda_0(NaAc) - \Lambda_0(NaCl)$$

$$= \lambda(H^+) + \lambda(Cl^-) + \lambda(Na^+) + \lambda(Ac^-) - \lambda(Na^+) - \lambda(Cl^-) = \lambda(H^+) + \lambda(Ac^-)$$

Aplicando los valores de la literatura se obtiene Λ_0(HAc) = 390,6 S*cm^2/mol.

Este valor se utiliza en el ejemplo de ensayo para calcular α, el cual es requerido finalmente para determinar la constante de disociación K_{Diss} según la "ley de disociación de Ostwald".

Otra posibilidad para determinar la conductividad límite se tiene al aplicar

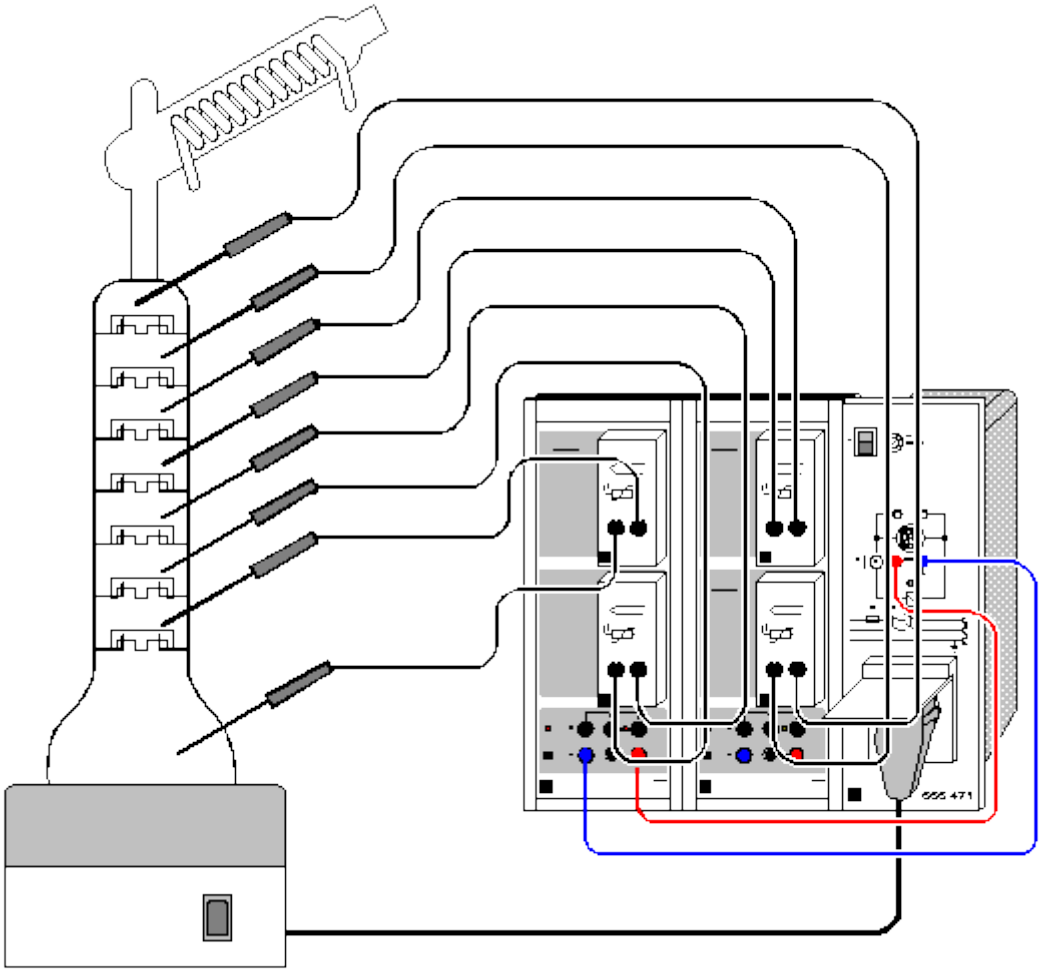
$$\alpha = \frac{\Lambda_{eq}}{\Lambda_0}$$

en la ley de disolución de Ostwald. Realizando la transformación se obtiene la ecuación

$$\frac{1}{\Lambda_{eq}} = \frac{1}{\Lambda_0} + \frac{\Lambda_{eq} \cdot c_0}{K_{Diss} \cdot \Lambda_0^2}.$$

Si se grafica $1/\Lambda_{eq}$ en función de $\Lambda_{eq}*c_0$, se obtiene una recta con la sección de corte al eje $1/\Lambda_0$ y la pendiente $1/(K_{Diss}*\Lambda_0)$. Para el ácido acético $\Lambda_{eq}*c_0 = C_{A1}$. Debido a que pequeñas imprecisiones en la medición se convierten en errores grandes, este método es apropiado sólo para mediciones de alta precisión. Aquí se aplica esta ecuación para verificar la precisión de la medición en rangos de concentraciones débiles.

Separación de una mezcla de dos componentes en el aparato de rectificación CE2



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El aparato de rectificación permite la separación de sistemas de sustancias orgánicas, por ej. de una mezcla de metanol y etanol en la relación 1:1 y la determinación de las etapas teóricas de separación en el caso de un reflujo total de sustancia.

En el ensayo se puede medir 8 temperaturas, registrarlas con un PC, y realizar simultáneamente un control de la calefacción.

Equipo requerido

2	Sensor-CASSYs	524 010
1	CASSY Lab	524 200
4	Unidades Temperatura	524 045
8	Sondas de temperatura, NiCr-Ni	666 193
1	Fuente de tensión CPS, conmutable	666 471
1	Aparato de rectificación CE2	661 311
1	Bastidor CE2	661 301
1	Distribuidor CPS	665 497
1	Bastidor perfilado	666 425
1	Par de cables, 50 cm, rojo y azul	501 45
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Usted encontrará mayor información acerca del montaje del aparato (véase el esquema) en la literatura (668 921) y en las instrucciones de servicio para la instalación de rectificación. **Observe estrictamente las instrucciones de seguridad indicadas en las instrucciones de servicio.**

Aloje ambos Sensor-CASSYs en el riel superior del bastidor CPS y conéctelos en cascada.

En las **entradas analógicas A_1, B_1, A_2 y B_2** conecte las unidades temperatura. Conecte también las unidades temperatura cada una con 2 sondas de temperatura NiCr-Ni. Las sondas de temperatura se sitúan en el aparato de rectificación desde el depósito de la columna hasta la cabeza de la columna en forma ascendente en la secuencia siguiente:

ϑ_{A11} (depósito); ϑ_{A12}; ϑ_{B11}; ϑ_{B12}; ϑ_{A21}; ϑ_{A22}; ϑ_{B21}; ϑ_{B22} (cabeza de columna)

La **salida de tensión S_1** se debe unir a la alimentación de tensión CPS y el botón en CASSY debe ser puesto aproximadamente en la posición media. La alimentación de tensión CPS sirve como conexión del hongo calentador. Este debe ser controlado de tal manera que para una temperatura determinada ϑ_{A11} en el depósito de la columna y después de un determinado tiempo t se desconecta. Estos parámetros pueden ser ajustados mediante la entrada de una fórmula. Para ello utilice el campo de entrada de fórmulas en los Ajustes Relé/Fuente de tensión (tecla derecha del ratón en S_1).

La condición prefijada para la activación es **&JA11 < 120 and t > 0 and t < 2:00:00**. Esto significa que todo el tiempo que la temperatura ϑ_{A11} (&JA11) sea menor que 120 °C, con la medición ya iniciada y con un tiempo de 2 h que todavía no se ha sobrepasado, el hongo de calentamiento permanece encendido. Los predeterminados pueden ser corregidos según la aplicación. Hay que observar que esta entrada de fórmula aumenta la seguridad del experimentador.

La **salida de relé R_1** todavía está disponible. Esta puede ser implementada por ej. para la rectificación con vacío CE 4/1 (661 332) y permitir refinar el control para este caso.

Calibración

Para mediciones exactas se recomienda calibrar para la primera vez y después cada cierto tiempo la sonda de temperatura:

- Cargar ajustes
- Seleccione **Corregir** en Ajustes ϑA11.
- Sumerja la sonda de temperatura ϑ_{A11} en agua con hielo (0 °C).
- Como primer valor teórico introduzca 0 y luego active **Corregir offset**.
- Sumerja la sonda de temperatura en agua hirviendo (100 °C).
- Como segundo valor introduzca 100 y luego active **Corregir factor**.
- Del mismo modo calibre las otras 7 sondas de temperatura.
- Para un uso posterior guarde los ajustes calibrados con **F2** bajo un nuevo nombre.
- Tome nota de los Sensor-CASSYs, sondas de temperatura y las unidades Temperatura para poder utilizar en otras oportunidades los mismos componentes en la misma entrada (sólo de esta forma la calibración guardada tendrá validez).

Realización del ensayo

- Active la circulación de agua de refrigeración (crióstato u otro).
- Encienda el interruptor de la tensión del hongo calefactor.
- Verifique la hermeticidad.
- Inicie la medición automática con **F9** (el hongo calefactor se enciende automáticamente).
- Espere la constancia de temperatura.
- Finalice la medición automática con **F9**.
- Apague el interruptor de la tensión del hongo calefactor y baje el hongo calefactor.
- Después del enfriamiento del depósito de decantación desconecte el agua de refrigeración.

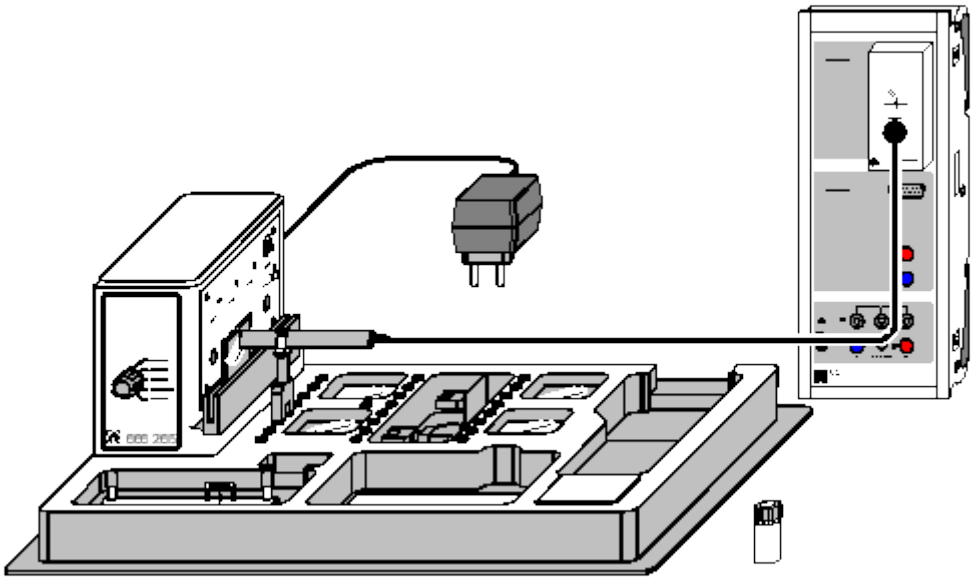
La toma de muestras y evaluación se describen en el libro: Métodos térmicos de separación, vol. 2: Rectificación (668 921).

Resultado del ensayo

Muy importante para el experimentador es alcanzar la constancia de temperatura en toda la columna. Una vez alcanzado ello, en el aparato rige un estado de equilibrio y se pueden tomar muestras. Se puede observar que se mide diferentes temperaturas sobre los platos individuales debido a la

diferente composición de las mezclas de fases. Como se ilustra en el ejemplo, la temperatura es menor en el plato inferior que en los platos de más arriba. Como en el plato más alto se mide la fase de vapor, esta temperatura es más alta que la del plato inmediato inferior, tal como se esperaba.

Absorción de radiación UV



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Evite mirar directamente hacia el rayo UV.

Descripción del ensayo

En este ensayo se determina la transmitancia de diferentes materiales respecto a la radiación UV-A, UV-B y UV-C por medio de la medición de la intensidad luminosa transmitida y se prueba la efectividad de protectores contra el sol.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Lux	524 051
1	Sensor UV-A	666 244
	y	
1	Sensor UV-B	666 245
	y	
1	Sensor UV-C	666 246
1	Kit de experimentación UV-IR-VIS	666 265
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor UV seleccionado (A, B o C) a la unidad Lux y ésta al Sensor-CASSY. Con una pinza coloque el sensor UV lo más cerca posible a la abertura de salida respectiva del kit de experimentación UV-IR-VIS. Observe que los rieles de sujeción deben permanecer libres para las muestras de materiales. Conecte el kit de experimentación mediante el adaptador de alimentación.

Tenga en cuenta las instrucciones de servicio del kit de experimentación UV-IR-VIS y sensores.

Calibración

Antes de usar por primera vez un sensor UV realice su calibración.

☐ Cargar ajustes

- En Ajustes Intensidad luminosa EA1 seleccione el botón **Corregir**, ingrese el factor que está impreso en el sensor y pulse **Corregir factor**.
- La calibración sólo es válida para el sensor respectivo.

Realización del ensayo

☐ Cargar los ajustes calibrados

- Encienda la lámpara UV respectiva y espere unos 5 minutos hasta que se haya establecido un valor estable en la ventana indicadora de la **Intensidad luminosa E_{A1}**. Si el rango prefijado ha sido sobrepasado seleccione otro rango de medición en Ajustes Intensidad luminosa EA1.
- Registre el primer valor (sin absorbedor) con la tecla **F9** o el botón .
- Inserte los siguientes absorbedores, uno tras otro, en el riel de sujeción entre la lámpara UV y el sensor:
 - vidrio de cuarzo,
 - luna,
 - vidrio de plexiglas,
 - PVC,
 - vidrio de cuarzo con una película delgada de filtro protector contra el sol (Parsol),
 - eventualmente: vidrio de cuarzo con una película delgada de aceite de mesa, cristales de gafas

 y en cada caso registre un valor.

Evaluación

Los valores son asignados en dos diagramas: En el diagrama de barras **Intensidad luminosa** están graficados los valores absolutos. Mediante **Alt+T** se puede agregar a cada barra un texto explicativo.

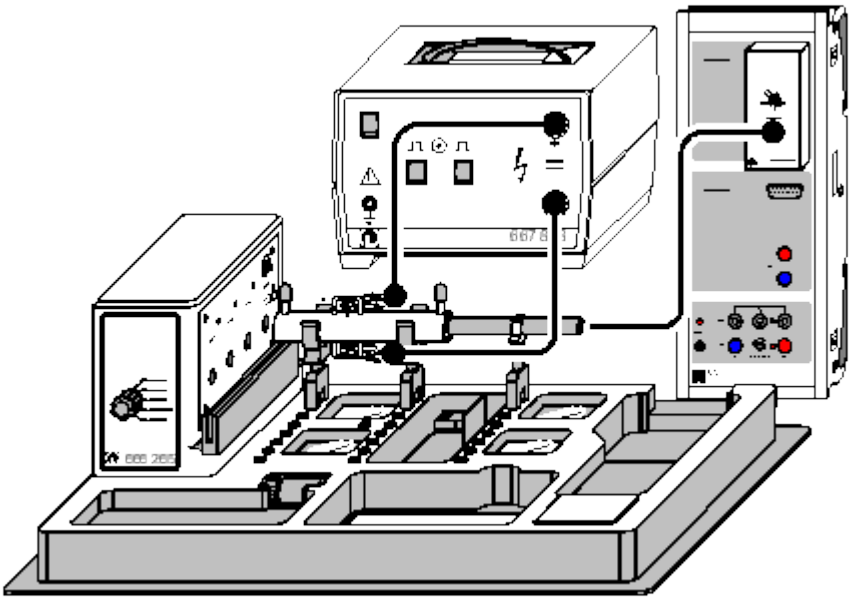
El segundo diagrama **Transmisión** indica la transmitancia del material utilizado para la radiación estudiada en porcentaje.

La eficiencia específica del filtro de algunos materiales con respecto a la radiación UV-B y UV-C y su transmitancia respecto a la radiación UV-A tiene un interés particular ya que la radiación UV de onda corta es nociva para los seres humanos:

Así la transmisión de radiación UV-A, responsable del bronceado de la piel (vidrio de cuarzo con el filtro de protección solar) es mucho mayor que la transmisión de las peligrosas radiaciones UV-B y UV-C. Debido al adelgazamiento continuo de la capa de ozono en los últimos años se ha incrementado la irradiación UV-B en la superficie de la tierra. Esta es considerada como la causante de daños al ADN, cáncer a la piel y ceguera. La sustancia activa Parsol protege la piel por su efecto bloqueador de la radiación UV-B y UV-C y deja pasar en gran parte la radiación UV-A bronceadora.

La razón por la que se haya hecho posible la vida en nuestro planeta es el efecto de filtrado de muchos materiales a la radiación UV-C (como la atmósfera), mucho más agresiva que la radiación UV-B.

Simulación del agujero de ozono



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Nunca mire directamente al rayo UV-C.

Sólo utilice fuentes de alta tensión no peligrosas al contacto con corrientes continuas I < 2 mA.

Tenga en cuenta las prescripciones válidas para la manipulación de sustancias químicas.

No inhale los vapores del diclorometano.

Descripción del ensayo

En una cubeta cerrada se produce ozono por una "descarga silenciosa" producida con alta tensión. En este ensayo se determina la absorción de la radiación UV-C, por el ozono formado en la cubeta, en función del tiempo midiendo la intensidad luminosa E con un sensor UV-C.

Una pequeña cantidad de diclorometano (CH_2Cl_2, como reemplazo del CFC) añadida actúa aumentando notablemente la intensidad luminosa (es decir, la absorción se reduce), por lo que se concluye que el diclorometano ha descompuesto el ozono que se encuentra en la cubeta.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Lux	524 051
1	Sensor UV-C	666 246
1	Kit de experimentación UV-IR-VIS	666 265
1	Pera de goma	667 241
1	Jeringa de dosificación, 1 ml	665 957
1	Fuente alim. para chispómetro	667 818
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Diclorometano, por ej. 250 ml	671 6600

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Conecte el sensor UV-C a la unidad Lux y ésta al Sensor-CASSY.

Monte el kit de experimentación UV-IR-VIS de tal forma que nadie pueda ser deslumbrado por la radiación UV-C. Monte la cubeta redonda del kit de experimentación UV-IR-VIS directamente delante de la abertura de salida de la radiación utilizando los dos soportes y una los contactos metálicos con los terminales de la fuente de alimentación del chispómetro con dos pinzas de derivación y los cables de experimentación. Tenga presente que por la alta intensidad del campo eléctrico, los cables de experimentación no estén sobrepuestos o estén cerca del sensor o del Sensor-CASSY y su cableado. Coloque el sensor UV directamente delante de la ventana de la cubeta con un soporte fijador. Conecte el adaptador de alimentación para el kit de experimentación UV-IR-VIS.

Tenga en cuenta también las instrucciones de servicio del kit de experimentación UV-IR-VIS y de la fuente de alimentación del chispómetro.

Calibración

Antes de usar el sensor UV-C se debe realizar una calibración.

- Cargar ajustes
- Seleccione el botón **Corregir** en Ajustes Intensidad luminosa EA1, ingrese el factor que está impreso en el sensor y accione **Corregir factor**.
- La calibración sólo es válida para el sensor calibrado.

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Eventualmente evacue los restos de gas de la cubeta redonda soplándolo con la pera de goma y cierre las aberturas de la cubeta con las dos tapas negras.
- Encienda la lámpara UV-C y espere unos 5 minutos hasta que se haya establecido un valor estable en la ventana de indicación de la intensidad luminosa E_{A1} de CASSY Lab.
- Si el rango de medición prefijado es demasiado pequeño, modifíquelo en Ajustes Intensidad luminosa EA1.
- Encienda la fuente de alimentación del chispómetro y póngala en el modo de funcionamiento "Chispeo continuo" (el LED rojo ilumina).
- Inmediatamente después inicie el registro de los datos con la tecla **F9** o con el botón .
- Durante toda la medición no mueva la cubeta ni el sensor, ya que esto puede alterar los datos.
- Luego de 5 a 10 minutos desconecte la fuente de alimentación del chispómetro y marque este momento en el diagrama con una línea vertical pulsando **Alt+V**.
- Después de unos 3 a 5 minutos encienda nuevamente la fuente de alimentación y marque otra vez el punto de encendido con **Alt+V**.
- Luego de 3 a 5 minutos agite brevemente la botella cerrada con diclorometano, ábrala y extraiga con una jeringa 1 ml de vapor del volumen de gas por encima del líquido. Cierre nuevamente la botella. No inhale el vapor.
- Abra una de las tapas de la cubeta redonda, inyecte el contenido de la jeringa y después de cerrar la cubeta marque nuevamente el momento de la inyección con **Alt+V**.
- Después de 3 a 5 minutos termine el registro de datos con **F9** o con  y desconecte la alta tensión.

Comentarios

Varias reacciones determinan la formación del ozono o la descomposición del ozono en la estratosfera (10 hasta 35 km de altura):

1. $O_2 \xrightarrow{h\cdot\nu} \dot{O} + \dot{O}$ $\quad \lambda < 240$ nm

2. $\dot{O} + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$

3. $O_3 \xrightarrow{h\cdot\nu} O_2 + \dot{O}$ $\quad \lambda < 310$ nm

4. $\dot{O} + O_3 \rightarrow 2\,O_2$

Estas reacciones mantienen la concentración de ozono en un equilibrio estacionario.

Si la radiación UV-C actúa sobre el oxígeno con longitudes de onda menores que los 240 nm, ésta desencadena la formación de ozono (reacciones 1 y 2), pues los radicales oxígenos formados reaccionan con otra molécula de oxígeno entregando energía cinética a un tercer participante M neutro de la reacción (por ej. una molécula de nitrógeno) y formándose ozono. Debido a que la lámpara de vapor de mercurio utilizada en el kit de experimentación UV-IR-VIS produce radiación UV-C con una longitud de onda de 254 nm y no está en capacidad de descomponer moléculas de oxígeno, en el ensayo la reacción 1 es desencadenada mediante una alta tensión de 10 kV.

La descomposición del ozono transcurre con la ayuda de luz UV: Sin embargo, para la separación (reacción 3) es suficiente la radiación de longitudes de onda menores que 310 nm. Esta dependencia UV de la formación del ozono y de la descomposición del ozono tiene efecto en la absorción completa de la radiación UV-C (220 a 280 nm, desencadenamiento de las reacciones 1 y 3) y la absorción parcial de la radiación UV-B (280 a 320 nm, desencadenamiento de la reacción 3) por la capa de ozono en la estratosfera.

La descomposición del ozono por el CFC (hidrocarburo clorofluorado) se desencadena igualmente por la radiación UV-C:

5. $R_3CCl \xrightarrow{h\cdot\nu} R_3\dot{C} + \dot{Cl}$

6. $\dot{Cl} + O_3 \rightarrow O_2 + Cl\dot{O}$

7. $Cl\dot{O} + \dot{O} \rightarrow O_2 + \dot{Cl}$

El radical cloro surge de la reacción 5 por absorción de la radiación UV-C y es liberado constantemente por repetición continua de las reacciones 6 y 7. Aquí el radical oxígeno de la reacción 7 proviene de la descomposición natural del ozono (reacción 3) y de la separación natural del oxígeno (reacción 1). Por esta razón es suficiente una pequeña cantidad de radicales cloro para desencadenar una reacción en cadena de descomposición del ozono.

Contrariamente al CFC (clorofluorocarbonos) completamente halogenado, el diclorometano utilizado en el ensayo se descompone en la troposfera y no daña la capa de ozono de la estratosfera.

Evaluación

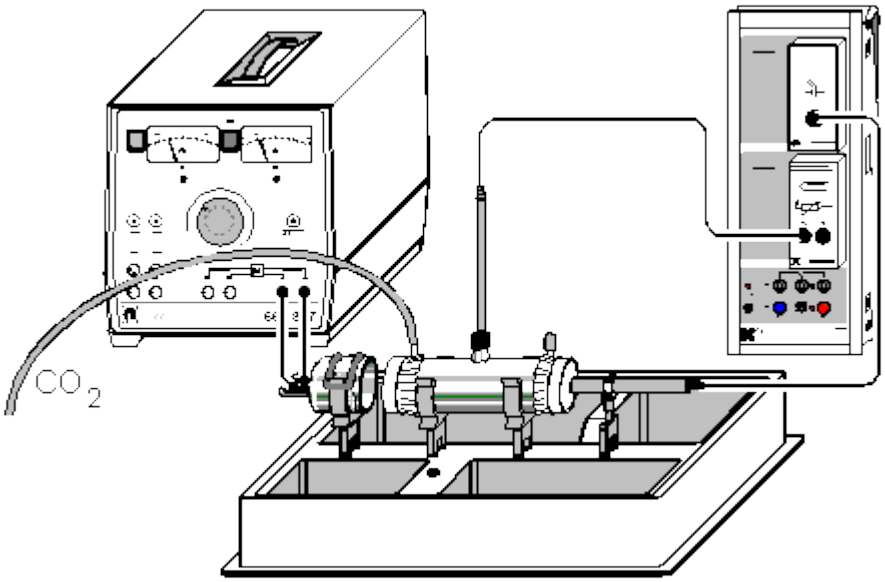
Los valores de la tabla de la intensidad luminosa que están completamente errados, debido al encendido y apagado de la alta tensión, pueden ser eliminados para tener una mayor claridad en las gráficas. Para eliminarlos haga dos clics consecutivos sobre el valor respectivo en la tabla y luego accione la tecla del espaciador.

Para la evaluación ingrese el primer valor de la serie de medición de la intensidad luminosa E_{A1} en el campo Fórmula de Ajustes Absorción A en lugar del predeterminado "0,290". Si se desea se puede ingresar textos explicativos en las secciones separadas por líneas verticales pulsando la combinación de teclas **Alt+T**.

Después del encendido de la alta tensión predominan las reacciones 1 y 2 (formación de ozono) sobre las reacciones de descomposición 3 y 4. Esto se debe a la disminución de la intensidad luminosa o a la absorción cada vez más intensa de la radiación UV-C (rango **A** en los diagramas). La desconexión de la alta tensión hace que disminuya la concentración de ozono, ya que no hay más disponibilidad de radicales oxígeno de la reacción 1 para la formación del ozono y por ello las reacciones de descomposición 3 y 4 predominan. En consecuencia aumenta la intensidad luminosa rápidamente, como indicio de la concentración decreciente de ozono, y la absorción de la radiación UV-C disminuye (rango **B**).

En el rango **C** disminuye nuevamente la intensidad luminosa a causa de una nueva producción de ozono por la alta tensión. Una pequeña cantidad de diclorometano añadida produce nuevamente un incremento de la intensidad luminosa a pesar de seguir estando aplicada la alta tensión (rango **D** en los diagramas). Incluso una muy pequeña cantidad de vapor de CH_2Cl_2 causa una fuerte disminución de la concentración de ozono, por lo que disminuye simultáneamente la absorción a la radiación UV-C.

Efecto invernadero del CO_2



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

El emisor IR se caliente bastante. No toque la espiral incandescente. El emisor IR opera con un máximo de 6 A.

Tome las precauciones usuales para manipular gases.

Descripción del ensayo

El calentamiento global de la atmósfera conocido como "Efecto invernadero" es atribuido, entre otros, a la concentración creciente de dióxido de carbono en el aire. La experiencia que se describe en este ensayo con el kit de experimentación IR-CO_2 muestra con claridad el efecto del CO_2: cuando la concentración de CO_2 es elevada se mide simultáneamente una absorción de la radiación infrarroja y un aumento de temperatura.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Lux	524 051
1	Sensor IR-CO_2	666 248
1	Unidad Temperatura	524 045
1	Sonda de temperatura de NiCr-Ni	666 216
1	Kit de experimentación IR-CO_2	666 2651
1	Transformador de tensión extrabaja D	667 827
1	Manguera silicónica, diám. interno: 5 mm	604 431
1	Cable de experimentación, 50 cm, rojo	501 25
1	Cable de experimentación, 50 cm, azul	501 26
2	Pinzas de cocodrilo	501 83
1	Pera de goma	667 241
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Sustancias requeridas

Dióxido de carbono, botella de gas comprimido	661 0082

con válvula de reducción según DIN 661 017

Montaje del ensayo (véase el bosquejo)

Observe las instrucciones de servicio del kit de experimentación IR-CO_2, el transformador de tensión extrabaja y el sensor IR-CO_2.

Conecte el sensor IR-CO_2 a la unidad Lux y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY y conecte la sonda de temperatura unida en T_1 a la unidad Temperatura y ésta a la entrada B del Sensor-CASSY.

Inserte el emisor IR en la abrazadera de sujeción sobre la bandeja. Fije la cubeta de medición en los soportes sobre la bandeja y revestida con dos láminas de plástico, a una distancia mínima de 5 mm del emisor y coloque la sonda de temperatura en el racor GL14. Al mismo tiempo coloque la punta del elemento de medición aproximadamente en el centro espacial de la cubeta.

Monte el sensor IR-CO_2 directamente detrás de la cubeta de medición con la abrazadera de sujeción y conecte la salida de tensión continua del transformador de tensión extrabaja (0 a 20 V) a los contactos del emisor mediante los cables de experimentación.

Empalme una de las entradas de la cubeta con la botella de gas mediante la manguera, la otra ciérrela con la tapa negra de goma.

Calibración

Antes del uso del sensor IR-CO_2 deberá realizarse una calibración.

- Cargar ajustes
- Seleccione el botón **Corregir** en Ajustes Intensidad luminosa EA1, ingrese el factor que se encuentra impreso en el sensor y accione **Corregir factor**.
- La calibración sólo es válida para el sensor calibrado.

Realización del ensayo

- Cargar los ajustes calibrados
- Ajuste la corriente a un máximo de 6 A, de tal forma que el filamento sólo brille muy débilmente. Adicionalmente la temperatura no debe sobrepasar los 80 °C.
- Inicie la medición con **F9** ó  después de alcanzar una cuasi-constancia de la temperatura y de la intensidad luminosa (observe la ventana de visualización respectiva en CASSY Lab).
- Después de aprox. un minuto retire la tapa negro y haga ingresar dióxido de carbono por un minuto a través de la cubeta de medición. Marque el punto de encendido en el diagrama pulsando la combinación de teclas **Alt+V** y la inserción de una línea vertical con el ratón.
- Luego de desconectar la corriente de dióxido de carbono marque el momento respectivo con una línea vertical (**Alt+V**) y cierre nuevamente la cubeta con la tapa negra.
- Hasta no alcanzar una nueva cuasi-constancia de la temperatura siga registrando valores por unos 3 a 5 minutos. Después detenga la medición con **F9** ó  y desconecte el transformador.

Evaluación

En los dos diagramas se puede ver con claridad la relación entre la temperatura y la intensidad luminosa o la absorción del dióxido de carbono.

Para la evaluación del ensayo son interesantes los estados estacionarios antes y después de suministrar el dióxido de carbono.

1. Una comparación de las temperaturas e intensidades luminosas muestra un claro aumento de la temperatura después de llenar la cubeta con dióxido de carbono, asociado con una disminución de la intensidad luminosa.

Para comparar los valores iniciales con los valores finales de la medición primero ingrese los datos medidos al diagrama. Para ello, haga un clic sobre el botón derecho del ratón en el diagrama, seleccione **Valor medio de intervalos** y marque la porción de curva estacionaria respectiva al inicio y al final de la serie de medición. El valor calculado por CASSY Lab queda indicado por una línea horizontal. Para insertar en el diagrama el valor respectivo arrástrelo desde la línea de estado con el botón izquierdo del ratón.

Recomendación: Activando la escala del eje Y, válida para los valores de medición respectivos mediante los botones $\mathbf{E}_{A1}$ y ϑ_{B11}, aparecen los valores medios y las rotulaciones en el mismo color que las curvas en cuestión.

La diferencia exacta entre ambos valores medios formados de la temperatura e intensidad luminosa se obtiene mediante la combinación de teclas **Alt+D** y al hacer un clic en las dos rectas promedio. El valor queda indicado en la línea de estado desde donde puede ser arrastrado hacia el diagrama con el ratón.

2. Para determinar la absorción se tiene que ingresar el primer valor medio calculado E_0 (valor inicial) en Ajustes Intensidad luminosa E1, en el campo Fórmula. Para calcular la absorción A se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$A = 100 - \left(\frac{E_{A1}}{E_0} \cdot 100 \right)$$

El ingreso de valores medios y diferencias se realiza tal como se ha descrito para el primer diagrama.

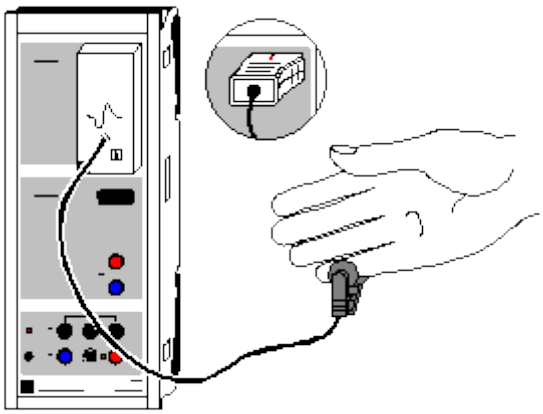
Con ello queda claro que el dióxido de carbono absorbe un parte importante de la radiación infrarroja, lo que causa la elevación de la temperatura en la cubeta.

Ejemplos de ensayos en Biología

Los ejemplos de ensayos le ayudan a implementar CASSY Lab. Los datos de las mediciones o los ajustes de los ejemplos pueden ser cargados directamente en CASSY Lab. Simplemente haga un clic sobre el símbolo ⬜ en las descripciones. Los nuevos ejemplos están marcados con un • rojo.

- Pulso
- Resistencia de la piel
- Electrocardiograma
- Electromiograma
- Presión sanguínea
- Tiempo de reacción
- Volumen respiratorio (Espirometría)
- Medición de larga duración de datos climáticos

Pulso



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad Pulso sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

La sangre pulsante cambia la apariencia del cuerpo humano. CASSY permite constatarlo en la medición de la frecuencia del pulso con la unidad Pulso. Se registra la variación de la frecuencia del pulso (por ej. durante un esfuerzo físico) o la comparación de la frecuencia del pulso en estado de reposo entre personas de prueba entrenadas y no entrenadas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Pulso o Sensor Pulso S	524 047(1)
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

El sensor de pulsos de la unidad Pulso, conectada a la entrada A del Sensor-CASSY, se coloca en un lugar del cuerpo intensamente irrigada con sangre, como por ej. en la base de la uña del dedo meñique. El sensor no debe ser movido durante la medición, ya que de otro modo las mediciones no son fiables.

Realización del ensayo

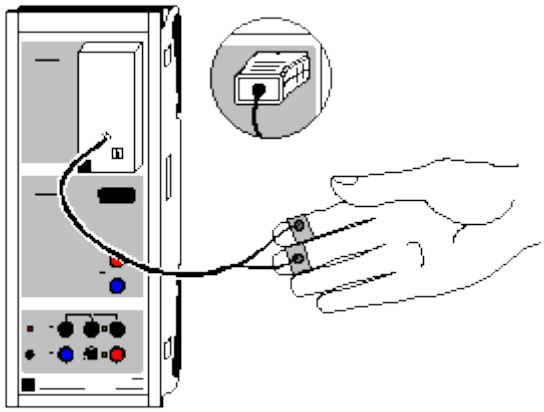
Cargar ajustes

- Espere a que el pulso sea estable en la ventana P_{A1} (la unidad se adecua a la intensidad de la señal).
- Inicie la medición con **F9**.
- Eventualmente estudie las dependencias de la curva del pulso en función del esfuerzo físico (doblar rodillas).
- Finalice la medición con **F9**.
- Repita la medición con factores cambiados u otras personas de prueba. Para ello espera otra vez que el pulso se estabilice y inicie la medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

La frecuencia del pulso promedio se puede determinar encontrando el valor medio de la curva medida. Con tal propósito haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre el diagrama, haga un clic sobre **Valor medio de intervalos** y marque el la porción de curva deseada. El valor aparece en la línea de estado, abajo, a la izquierda y luego insértelo como texto en cualquier lugar del diagrama.

Resistencia de la piel



Apropiado también para el Pocket-CASSY y Mobile-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad Resistencia de la piel sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

La resistencia de la piel R cambia en función de factores externos. Se puede estudiar por ej. la influencia de un entrenamiento para relajarse o la de un susto. Se representa siempre la conductancia de la piel G=1/R (mayores valores corresponden a una pequeña resistencia).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Resistencia de la piel o Sensor Resistencia de la piel S	524 048(1)
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

La unidad Resistencia de la piel se conecta a la entrada A del Sensor-CASSY y sus electrodos deben ser sujetados fijamente en el lado posterior de las articulaciones de los dedos índice y medio de la persona de prueba con la cinta Velcro. La mano debe quedar quieta sobre una superficie de apoyo.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Desplace el rango de medición en los Ajustes Conductancia de la piel GA1 o desplace el eje Y del diagrama con el ratón tal que la conductividad de la piel G_{A1} indicada se encuentre en la mitad (en caso necesario después de hacer un clic con la tecla derecha del ratón sobre los valores del eje Y introduzca los valores por medio del teclado).
- Inicie la medición con **F9**.
- Eventualmente estudie la dependencia de la curva de conducción para una persona de prueba entrenada para relajarse o cuando uno se asusta (por ej. al aplaudir en las manos) para luego tranquilizarse uno mismo.
- Finalice la medición con **F9**.

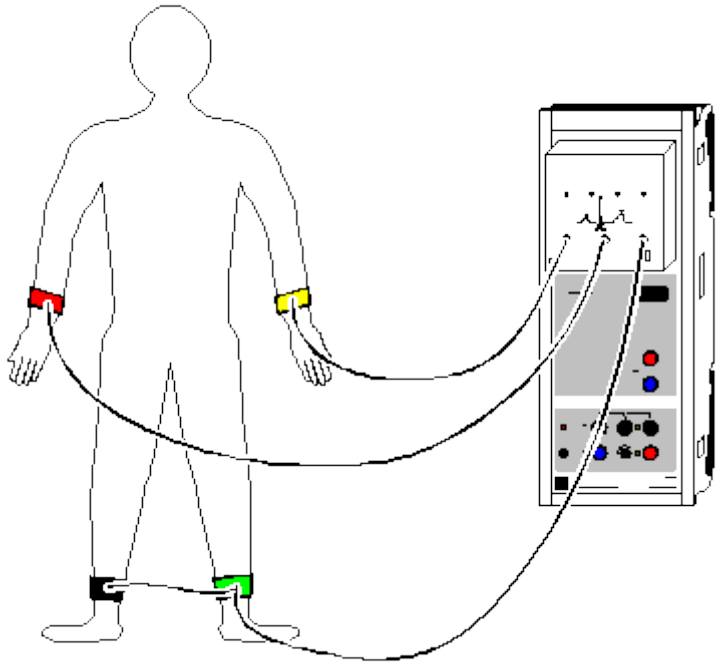
- La medición puede repetirse con factores cambiados u otras personas de prueba. Para ello vuelva a adaptar el eje Y e inicie la medición nuevamente con **F9**.

Evaluación

En el diagrama puede verse claramente cómo cambia la conductancia bajo la influencia de factores externos.

La conductancia promedio se puede determinar encontrando el valor medio de la curva medida. A tal efecto haga un clic sobre el diagrama con la tecla derecha del ratón y luego ejecute **Valor medio de intervalos** y marque la porción de curva deseada. El valor aparece en la línea de estado, abajo, a la izquierda y luego insértelo como texto en cualquier lugar del diagrama.

Electrocardiograma (ECG)



Apropiado también para el Pocket-CASSY

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad ECG/EMG sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

En cada excitación del músculo del corazón se producen variaciones eléctricas de tensión que se propagan de una a otra célula de los músculos del corazón. Debido al gran número de células es posible derivar las tensiones producidas mediante electrodos colocados en el cuerpo y después de amplificarla hacerlas visibles en forma de diagramas. En un electrocardiograma se emplea la derivación de Einthoven (I, II, III) en las extremidades.

Los electrodos miden las variaciones de potencial (variaciones de tensión) cuando las diferentes cavidades del corazón se contraen. Las células de los músculos del corazón están polarizadas en el estado de reposo, es decir, existe una muy pequeña diferencia de potencial entre la página entre el lado interior y el lado exterior de la membrana celular. Las células de los músculos del corazón pueden ser despolarizadas sin influencia exterior, es decir, de manera espontánea. Los grupos de células que se despolarizan al inicio conforman el llamado "Marcapaso" (nodo sinusoidal). Este nodo se encuentra en la aurícula derecha (Atrio) del corazón. Ambas cámaras se contraen casi simultáneamente debido a la alta velocidad de la transmisión de la excitación entre las células.

Las cámaras principales (Ventrículos) del corazón están eléctricamente aislados de los atrios. Sólo en un lugar se encuentra un grupo de células (nodo atrio-ventricular) que transmite la señal eléctrica de la contracción del atrio hacia las cámaras principales. Un retardo mínimo de la transmisión de la excitación asegura que las cámaras principales no se contraigan junto con las cámaras anteriores y que la sangre tenga suficiente tiempo de fluir desde los atrios hacia los ventrículos.

El nodo atrio-ventricular transmite la despolarización mediante fibras especiales (haz de His) a los ventrículos. En la pared muscular de los ventrículos se encuentran otras fibras (fibras de Purkinje) que

son responsables por la transmisión rápida de la excitación. De esta manera se asegura que los ventrículos se contraigan simultánea y completamente.

La despolarización, contracción y finalmente la repolarización de las células de los músculos del corazón es un proceso repetitivo y permanente que hace que fluyan pequeñas corrientes por la vecindad directa de células polarizadas y no polarizadas. Los cambios de las corrientes pueden ser medidas desde afuera, luego amplificadas y representadas en función del tiempo. El ECG es la representación gráfica de las corrientes eléctricas medidas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad ECG/EMG	524 049
1	Gel para electrodos	662 112
1	Rociador desinfectante	662 113
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

La persona de prueba debe estar quieta y relajada, de otro modo la superposición del potencial eléctrico de la musculatura del esqueleto a la señal ECG puede falsear la medición. Los electrodos deben ser untados con gel para electrodos (662 112) para aminorar la resistencia de la piel y sujetados con cintas de goma en los lugares correspondientes del cuerpo. Por último se debe conectar los cables a los electrodos según la siguiente tabla:

rojo	brazo derecho
amarillo	brazo izquierdo
verde	pantorrilla izquierda
negro	pantorrilla derecha

Importante

Limpiar los electrodos con toallas de papel u otro después de cada uso, ya que de otro modo se forma una capa de sal al secarse el gel. Finalmente, por razones higiénicas aplique el líquido desinfectante del rociador (662 113) en los lugares respectivos sobre la piel.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Inicie la medición con **F9**.
- Se registra simultáneamente las tres derivaciones según Einthoven.
- Detenga la medición con **F9**.

Evaluación

Para la evaluación se recomienda aumentar una parte de la representación con la función Zoom para ver mejor los detalles.

Una parte típica de un ECG es una línea aplanada, la línea isoeléctrica. Las desviaciones que se presentan aquí se deben a la actividad eléctrica del músculo del corazón.

La primera desviación de esta línea en un ECG típico es un pequeño desplazamiento hacia arriba. La onda P dura unos 0,05 segundos aprox. Para evaluar se puede colocar cada vez una línea vertical para marcar el inicio y el final de la onda P. La duración puede ser determinada mediante una medición de la diferencia entre ambas líneas. La onda P se basa en la despolarización y contracción de las cámaras anteriores.

A continuación el ECG retorna a la línea isoeléctrica. En este tiempo el nodo atrio-ventricular transmite la excitación a través del haz His y las fibras Purkinje al ventrículo. La despolarización del nodo AV conduce a un pequeño pulso descendente, la onda Q. Directamente después se produce una rápida subida (onda R) con una caída final por debajo de la línea isoeléctrica (onda S) y el retorno al valor de partida. A estas tres ondas se les denomina el complejo QRS, causada por la despolarización y contracción de las cámaras principales.

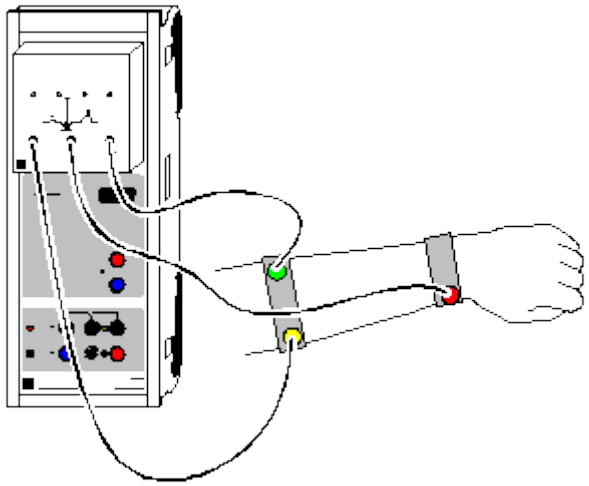
Después de una pausa las células se repolarizan nuevamente. El flujo de corriente que se produce con ello actúa como una onda que asciende, la onda T.

La secuencia de P pasando por QRS hacia T representa un ciclo del corazón. El número de ciclos por minuto corresponde al pulso de una persona.

Otros posibles ensayos

- Registro de un ECG antes y después de un esfuerzo físico (por. ej. el correr sobre el sitio).
- Estadística para la duración de cada de una de las secciones en todos los participantes del laboratorio.
- Diferencias entre mujeres y varones.

Electromiograma (EMG)



Apropiado también para el Pocket-CASSY

☐ Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad ECG/EMG sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

Se miden los potenciales eléctricos de músculos activados, en los que colocan electrodos superficiales en la cercanía de los músculos.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad ECG/EMG	524 049
1	Gel para electrodos	662 112
1	Rociador desinfectante	662 113
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

Para el registro de una curva EMG de la musculatura de los dedos se sujetan los electrodos al inicio y al final del músculo, sobre el lado inferior de un antebrazo y el electrodo de referencia sobre el lado opuesto del grupo de músculos, aquí sería entonces sobre el lado superior del antebrazo. Los electrodos deben ser conectados como sigue:

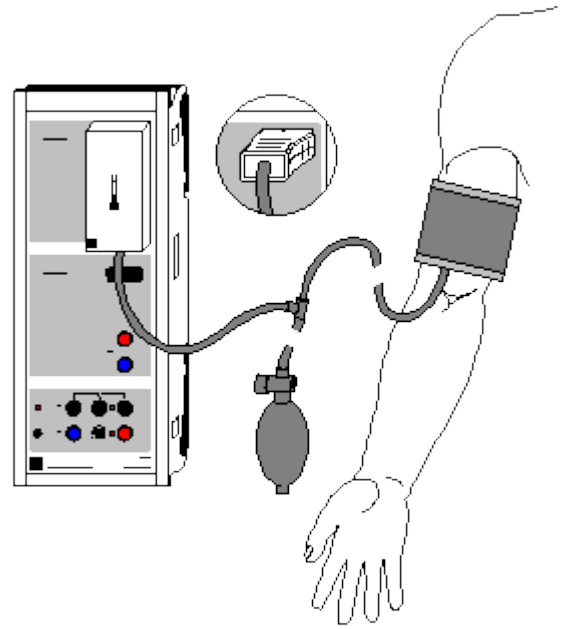
rojo	inicio del músculo en el lado inferior del antebrazo
amarillo	fin del músculo en el lado inferior del antebrazo
verde	electrodo de referencia en el lado superior del antebrazo

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Inicie la medición con **F9**.
- Durante el registro de la curva EMG la persona de prueba debe hacer un puño y abrir la mano nuevamente. Este proceso debe ser repetido varias veces.
- Detenga la medición con **F9**.

Presión sanguínea



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad Presión sanguínea sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

La presión en el brazalete y las fluctuaciones de presión en el brazalete se mide con la unidad Presión sanguínea (medición oscilométrica de la presión sanguínea). De aquí se puede determinar la sístole y la diástole.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Presión sanguínea o Sensor Presión sanguínea S	524 050(1)
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

El brazalete (bolsa inflable) con válvula y la bombilla (pera insufladora) se conectan a la unidad Presión sanguínea en la entrada A del Sensor-CASSY. La válvula situada en la bombilla debe estar media abierta (la mitad entre los topes de la perilla de la válvula). La velocidad de escape ajustable con la válvula debe ser de unos 2 a 3 mm Hg por golpe de pulso. Mayores velocidades desmejoran la evaluación, ya que se registran menos máximos significativos. Una medición con válvula completamente abierta deja entrever ese mal manejo.

El brazalete debe ser colocado rasante en el brazo izquierdo desnudo, hasta que el borde inferior del brazalete esté aprox. 2 a 3 cm por encima del pliegue de la articulación del codo. Tenga en cuenta que la manguera del brazalete salga del mismo por el lado inferior del brazo en la zona de la arteria (en dirección de la mano). El gancho de metal no debe estar sobre la arteria, ya que éste podría falsear la curva de la presión sanguínea. Después de doblar hacia afuera el extremo del brazalete

doblándolo por el brazo se tiene que fijarlo con el cierre Velcro. El brazalete debe quedar rasante alrededor del brazo, y no está permitido que antes del bombeo haya presión sobre la arteria. Durante la medición el brazo debe reposar sobre la mesa y ligeramente doblado.

Realización del ensayo

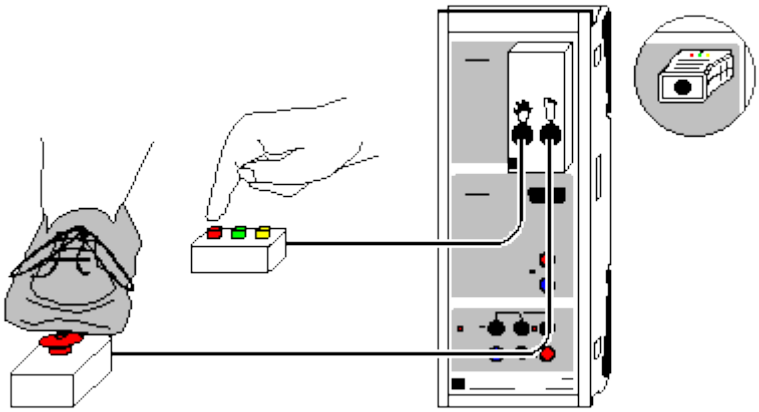
- Cargar ajustes
- Eventualmente corrija el cero de la presión indicada. A tal efecto llame la opción Ajustes Presión sanguínea pA1 y seleccione **—> 0 <—**.
- Bombee el brazalete con la bombilla hasta aprox. 180 mm_{Hg} (según el valor sistólico que se sospecha) y la presión del brazalete que asciende es indicado.
- Inicie la medición con **F9**.
- El brazo no debe moverse durante la medición. Las amplitudes de las oscilaciones crecen en el curso de la medición (después de pasar por debajo de la sístole) y decrecen nuevamente (después de pasar por debajo de la diástole).
- Si las amplitudes de las oscilaciones permanecen varias veces constante, detenga la medición con **F9**.
- Para que salga todo el aire del brazalete presione el botón rojo en la válvula manual.
- Entre mediciones consecutivas en la misma persona de prueba, mantenga una pausa de por lo menos 2 minutos.

Evaluación

En el caso de presiones de brazalete suprasistólicas sólo se tienen pequeñas fluctuaciones de presión que pueden ser causadas por los golpecitos del pulso en la sección de arteria comprimida. En el momento en el se pasa por debajo de la presión sistólica y se presenta una corta abertura sistólica de la arteria, las oscilaciones aumentan a alcanzan un máximo en la presión sanguínea arterial media (esto corresponde a la presión media aritmética). La presión sanguínea diastólica corresponde al punto en el que las oscilaciones acaban de disminuir, es decir, cuando aún durante la diástole total los vasos se encuentran abiertos. Las fluctuaciones de presión restantes son causadas por los golpecitos del pulso que se transmiten al brazalete.

Para el cálculo de la sístole y de la diástole haga un clic con la tecla derecha del ratón sobre el diagrama, en las otras evaluaciones haga un clic sobre **Determinación de la sístole y diástole** y marque toda la curva. Los valores para la sístole y la diástole aparecen en la línea de estado, abajo, a la izquierda y pueden ser insertados como texto en cualquier lugar del diagrama.

Tiempo de reacción



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

☐ Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El tiempo de reacción se determina con la unidad Prueba de la reacción y el pulsador de mano y/o pedal. Se determina mediante un cálculo la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Prueba de la reacción o Adaptador Prueba de reacción S	524 046(1)
1	Pulsador	662 148
	y/o	
1	Pedal	662 149
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

Conecte el pulsador o el pedal a la unidad Prueba de la reacción y ésta a la entrada A del Sensor-CASSY. La persona de prueba debe estar quieta y relajada. Para determinar el tiempo de reacción con la mano, la mano de la persona debe posar, junto con el pulsador, sobre la mesa. Para determinar el tiempo de reacción con el pie, el pie debe estar al lado del pedal, sobre el piso.

Realización del ensayo

☐ Cargar ajustes

- Inicie la serie de medición con **F9**.
- Después de un tiempo aleatorio luego de presionar una tecla cualquiera del pulsador o del pedal, aparece el indicador en color rojo, verde o amarillo (el pedal aparece siempre rojo). Para la reacción debe accionarse lo más rápido posible el pulsador de acuerdo al color del indicador. El tiempo de reacción medido aparecerá en el instrumento indicador, en la tabla y en el diagrama.
- Registre el número deseado de tiempos de reacción (10 hasta 20) de la misma manera.
- Finalice la serie de medición con **F9**.
- Inicie otras series de mediciones con **F9** con otras personas o reacciones (por ej. con la mano sobre el pedal en lugar del pie sobre el pedal para determinar la velocidad de conducción de los nervios).

Evaluación

El tiempo de reacción promedio se puede determinar por medio del cálculo del valor medio a partir de la curva de medición. Con tal propósito haga un clic sobre el diagrama con la tecla derecha del ratón, haga un clic sobre **Valor medio de intervalos** y marque la porción de curva deseada. El valor

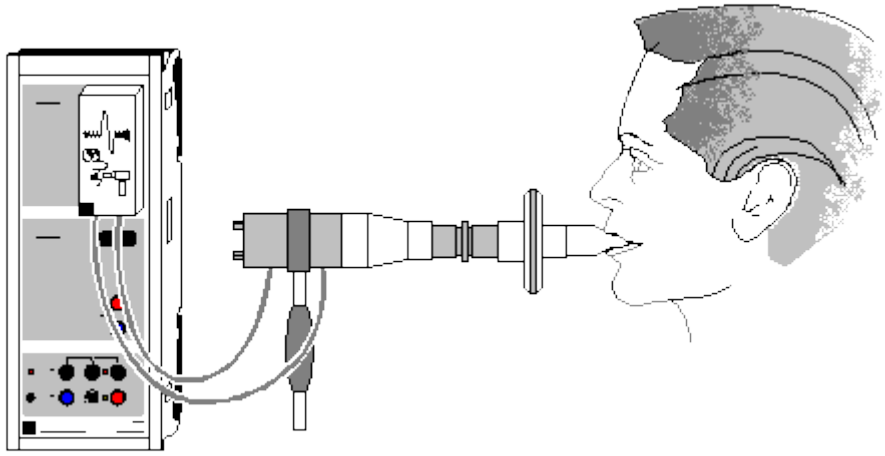
aparece en la línea de estado, abajo, a la izquierda y puede ser insertada como texto en cualquier lugar del diagrama.

Para la determinación de la velocidad de conducción de los nervios se debe determinar la diferencia de longitudes de las vías nerviosas transmisoras midiendo primero desde la columna vertebral, a la altura de la articulación escapulohumoral, la longitud hasta la mitad del brazo. Luego se mide desde el mismo punto inicial la longitud hasta la mitad del muslo.

La velocidad de conducción media v se calcula del cociente: diferencia de longitudes (pie - mano) entre la diferencia de tiempo (tiempo de reacción con el pie - tiempo de reacción con la mano), esto es:

v = (l(pie) – l(mano)) / (t(pie) – t(mano)).

Volumen respiratorio (Espirometría)



Apropiado también para el Pocket-CASSY.

Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Nunca use el espirómetro sin filtro de bacterias.

Los valores y diagramas determinados aquí no tienen validez médica alguna y no sirven para el control del estado de salud de un ser humano.

La unidad Espirómetro sólo puede ser utilizada conforme a lo estipulado en las instrucciones de servicio de la misma.

Descripción del ensayo

El espirómetro sirve para determinar el volumen respiratorio. El aparato trabaja según el principio pneumotacográfico y mide el flujo volumétrico. El volumen respiratorio es determinado con CASSY Lab mediante una integración.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Espirómetro	524 056
1	Boquillas para espirómetro, 30 unidades	662 3812
1	Filtro de bacterias para espirómetro, 30 unidades	662 3813
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

La unidad Espirómetro debe ser conectada a la entrada A del Sensor-CASSY aprox. 10 min antes de la medición (fase de calentamiento). Con cada persona de prueba utilice una nueva boquilla y un nuevo filtro de bacterias y desinfecte los tamices cada cierto tiempo con un desinfectante.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Haga la compensación del flujo volumétrico indicado dV_{A1}. Para ello seleccione **—> 0 <—** en Ajustes Flujo volumétrico dVA1 y tenga en cuenta que mientras tanto no fluya aire hacia el espirómetro.
- Inicie la medición lo más rápido posible después de pulsar **F9** (hasta que el error térmico en el flujo volumétrico dV_{A1} todavía sea despreciable).

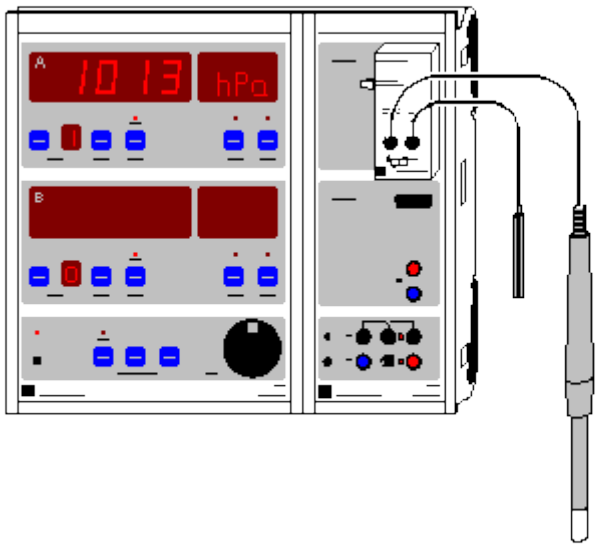
- La persona de prueba debe aspirar y espirar con normalidad 3 a 4 veces a través de espirómetro. Luego deberá aspirar y espirar el aire tanto como la persona pueda a través del espirómetro. Después de ello volver a respirar normalmente.
- Finalice la medición con **F9**.

Evaluación

El volumen respiratorio V_1 es la diferencia entre el máximo y mínimo de una respiración normal. Este puede ser determinado por ej. por medio de líneas de marcación horizontales o mediante una directa medición de la diferencia. El valor puede ser insertado como texto en cualquier lugar del diagrama.

La capacidad vital V_2 se calcula de la suma de los volúmenes de reserva aspiratorio y espiratorio y el volumen respiratorio. Este puede ser determinado de manera análoga al volumen respiratorio a partir del máximo y mínimo en caso de aspiración o espiración máxima.

Medición de larga duración de datos climáticos



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Se mide por periodos prolongados los datos medidos del tiempo Humedad rH_{A1} y Temperatura del aire T_{A11} (integrado en el sensor de humedad), Presión del aire p_{A1} (integrada en la Unidad Clima) e Iluminancia E_{A1} (Luminosidad) con CASSY-Display y el Sensor-CASSY (esto es, sin ordenador). La tabla de valores medidos puede ser leída y evaluada mientras tanto o al final de la medición con un ordenador y el programa CASSY Lab.

Equipo requerido

1	CASSY-Display	524 020
1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Unidad Clima	524 057
1	Sensor de humedad	529 057
1	Sensor Lux	666 243
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Preparación del ensayo (véase el esquema)

Los instrumentos deben ser colocados en un lugar protegido, en donde haya una conexión para la alimentación de tensión. Como una alternativa se puede utilizar un acumulador de 12 V de suficiente capacidad (> 6 Ah) para la alimentación de tensión.

Realización del ensayo

- **Calibrar** el **sensor de humedad** (sólo es necesario hacerlo la primera vez)
 Para ello conecte directamente el Sensor-CASSY con la unidad Clima al PC; en CASSY Lab active la unidad Clima, seleccione **Corregir**, ingrese los números impresos C1 hasta C4 y con **Aceptar** realice la confirmación. Luego conecte nuevamente el Sensor-CASSY al CASSY-Display.
- **Ajuste y arranque del Datalogger**
 Pulse el botón **START/STOP** y en la indicación superior aparecerá "CLR?" (es posible adjuntar nuevos valores) o "CLR!" (no es posible adjuntar nuevos valores) y en la indicación inferior aparecerá el predeterminado "NO". Con un giro en **ADJUST** se puede cambiar entre "NO" y "YES" y con un segundo pulsado sobre **START/STOP** confirme su elección. Después se puede ajustar el intervalo de tiempo con **ADJUST** en el que se debe guardar los datos y nuevamente confirmar con **START/STOP**. Luego el Datalogger se pone en marcha (el LED situado sobre **START/STOP** ilumina permanentemente).

- **Observación de los valores medidos en el Datalogger**
 Si selecciona **SHOW**, entonces con **ADJUST** se puede ver en el visualizador todos los datos almacenados. La operación del Datalogger se desconecta momentáneamente (el LED se hace intermitente a través de **START/STOP**). Un nuevo pulsado de **SHOW** reinicia la medición.
- **Activar modo de ahorro de corriente del CASSY-Display**
 En periodos largos de tiempo es posible activar el modo de ahorro de corriente durante la medición al desconectar la visualización del CASSY-Display. Parra ello se selecciona en ambos indicadores el CASI con el número 0 mediante el botón **NEXT**. Los indicadores se apagan y se desconecta el Sensor-CASSY. Para cada nueva medición los aparatos se conectan nuevamente por un corto tiempo.

Evaluación

El CASSY-Display se conecta a un ordenador con CASSY Lab y los datos son leídos. Aquí el CASSY-Display puede ser transportado también sin alimentación de tensión al ordenador (los valores medidos permanecen en la memoria). En el campo de comentario se ingresa automáticamente el inicio de la medición.

El ejemplo muestra una serie de mediciones del tiempo en Hannover en el periodo del 15.12.2000 hasta el 23.2.2001 con intervalos de medición de media hora.

El número máximo de los datos medidos depende del número de parámetros medidos. En el ejemplo presente es posible un total de aproximadamente 5000 líneas de datos. Esto corresponde a una duración de medición máxima de unos 100 días.

Nota

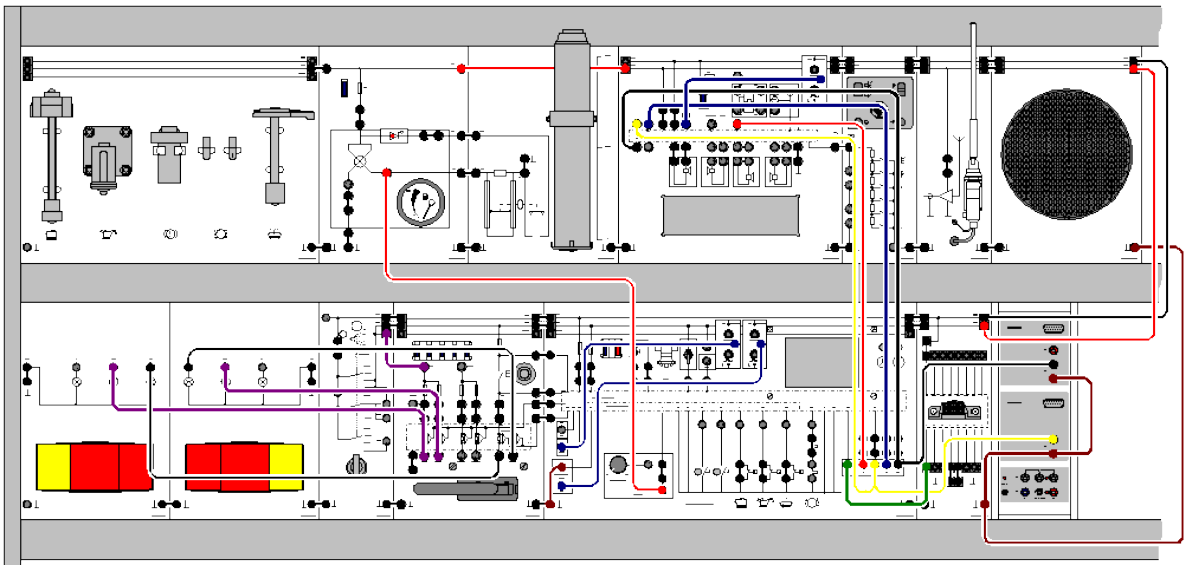
Para que el CASSY-Display funcione impecablemente éste debe tener un Firmware a partir de la versión 1.08. Si es necesario actualice el CASSY-Display desde CASSY Lab a la más reciente versión. En esta acción todos los datos eventualmente almacenados en el CASSY-Display serán borrados.

Ejemplos de ensayos en Técnica

Los ejemplos de ensayos le ayudan a implementar CASSY Lab. En caso dado se muestra la indicación respectiva. Los datos de las mediciones o los ajustes de los ejemplos pueden ser cargados directamente a CASSY Lab. Simplemente haga un clic sobre el símbolo en las descripciones. Los nuevos ejemplos están marcados con un • rojo.

- T 3.2.7.1 Ordenador de a bordo con radio (Automóvil)
- T 3.2.7.5 Sistema de confort en el automóvil con el bus CAN
- T 7.2.2.1 Modulación por codificación de pulsos (Cuantificación)
- T 7.4.1 Fundamentos físicos de la tecnología de microondas (Características del oscilador Gunn)
- T 7.4.2 Guía de placas paralelas (modos TEM y TE)
- T 7.4.3 Propagación de microondas en guía de ondas (Medición de la razón de onda estacionaria)
- T 7.6 Tecnología de antenas
- T 12.5.3 Servomandos

Ordenador de a bordo con radio (Automóvil)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

En este equipo se trabaja con un visualizador MID (Multi Info Display) que es parte de los modelos de vehículos Opel Omega B construidos a partir del año 1994. El visualizador (Info Display) es un sistema de información central y contiene los siguientes sistemas individuales:

- Cronómetro
- Ordenador de a bordo
- Control de verificación (Check-Control)
- **Componente visualizador para el radio**
- Componente visualizador de la fecha

Este visualizador MID está integrado en el grupo de instrumentos. Dispone de una pantalla de cuatro líneas. Según el modo o el tipo de servicio configurado se visualiza la información listada líneas arriba. En este ensayo se estudia la comunicación entre el radio y el visualizador. Estos dos componentes se comunican entre sí por medio del denominado Bus "I^2C". Aquí se registra y evalúa estas señales.

Mayor información acerca del tema consulte la siguiente dirección: http://www.standardics.nxp.com/literature/i2c/.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Conexión de batería	738 03
1	Batería	738 04
	o como alternativa	
	Fuente de alimentación	738 026
1	Interruptor de encendido y arranque	738 10
1	MID	739 705
1	Autoradio	739 711
1	Antena telescópica corta	739 742
1	Altavoz de banda ancha	739 731
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Accesorios requeridos

1	Juego de 51 cables de experim. de seguridad	738 9821
5	Juegos de 10 conectores puente de seg.	500 59

negros
1 Juego de 10 conectores puente de seg. con toma 500 592

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el ensayo según el esquema. ¡Algunos equipos son opcionales y no se requieren para la ejecución del ensayo! Conecte el Sensor-CASSY a un puerto serie RS232 o USB del ordenador. Conecte las entradas de medición tal como se muestra en el esquema del montaje del ensayo.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Primeramente encienda la instalación con la conexión de la batería y luego con el interruptor de encendido y arranque.
- Encienda la radio oprimiendo el pulsador del volumen.
- Inicie la medición pulsando **F9** ó .
- Sintonice una radioemisora en el radio para generar un flujo de datos.

Evaluación del ensayo

De los diagramas se puede obtener la siguiente información:

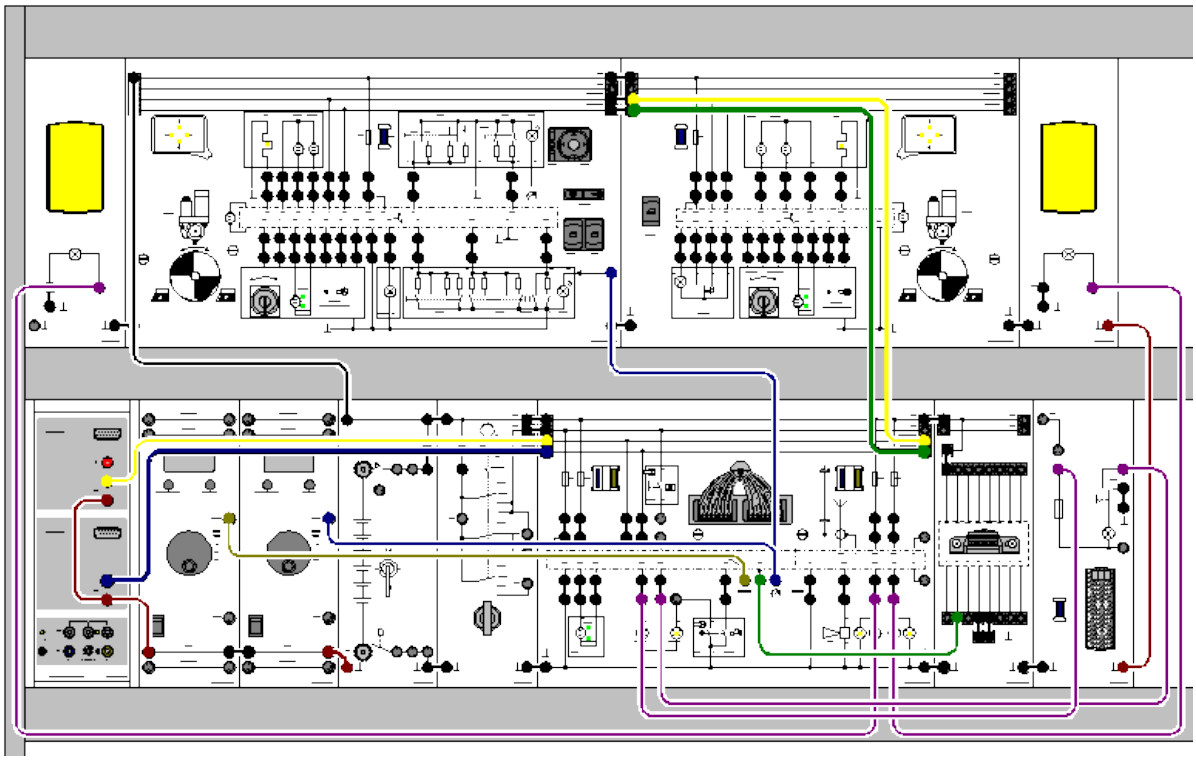
- La dirección del visualizador es: 1 0 0 1 0 1 0
- Se sucede un acceso de escritura desde el visualizador al radio (bit R/W)

Otras variantes del ensayo y sus evaluaciones pueden verse en la literatura respectiva.

Otros ejemplos de medición

- Cargar ejemplo

Sistema de confort en el automóvil con el bus CAN



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

El nuevo sistema de confort ha sido implementado en los modelos VW Passat a partir del año 1997 y está disponible en los modelos VW Golf a partir del año 1998. Las funciones parciales del sistema de confort como por ejemplo el cierre central, la regulación del espejo y el sistema antirrobo no han sido modificados significativamente. Sin embargo, diseño y organización del sistema de confort son nuevos. A diferencia a los sistemas anteriores está diseñado descentralizadamente. Esto significa que varias unidades de control comparten las tareas.

Las unidades de control del sistema de confort están conectadas entre sí a través de dos líneas al bit de datos CAN. Por estas líneas tiene lugar un intercambio de datos constante entre las unidades de control.

Para ello una unidad de control debe:

- poner a disposición algunos datos,
- enviar estos datos a otra unidad de control,
- recibir datos de otras unidades de control,
- verificar estos datos y en caso dado aceptarlos.

El sistema consiste de una unidad de control central y dos unidades de control de puerta. La unidad de control central no posee ninguna función superior. Todas las unidades de control del sistema de confort tienen los mismos derechos. Aparte de sus funciones dentro del sistema de confort se conecta a la red de a bordo restante y a las líneas de diagnóstico.

Funciones de la unidad de control central:

- regulación del espejo
- control de la luz interior
- desbloqueo remoto del maletero
- mando remoto por radio
- sistema antirrobo

Las unidades de control de puerta monitorizan las funciones del sistema de confort que son realizadas en las puertas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Conexión de batería	738 03
1	Batería	738 04
	o como alternativa	
	Fuente de alimentación	738 026
1	Interruptor de encendido y arranque	738 10
1	Sistema de confort	739 58
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Accesorios requeridos

1	Juego de 51 cables de experim. de seguridad	738 9821
5	Juegos de 10 conectores puente de seg. negros	500 59
1	Juego de 10 conectores puente de seg. con toma	500 592

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el ensayo según el esquema. Conecte el Sensor-CASSY a un puerto serie RS232 ó USB del ordenador. Conecte las entradas de medición tal como está representado en el esquema del montaje del ensayo.

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Primeramente encienda la instalación con la conexión de la batería.
- Abra una de las dos puertas girando el interruptor de llave respectivo en dirección "OPEN".
- Realice el encendido con el interruptor de encendido y arranque.
- Inicie la medición pulsando **F9** ó .

Evaluación del ensayo

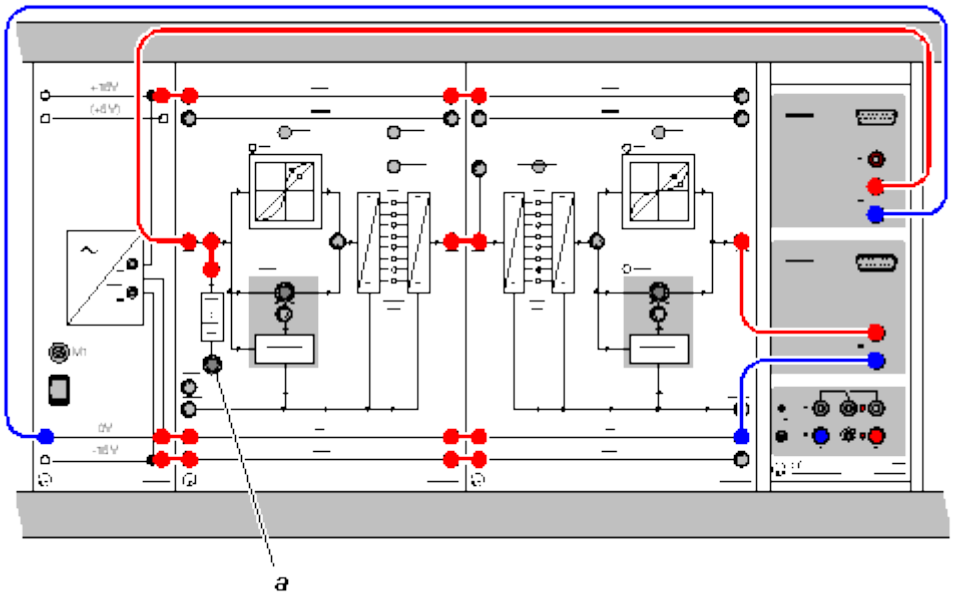
De los diagramas se puede obtener la siguiente información:

- Las señales de las líneas CANH y CANL están invertidas una con otra.
- Los mensajes son enviados en tres bloques con un tiempo de repetición de 20 ms.
- Dos mensajes tienen el mismo intervalo de tiempo (aprox. 1,34 ms) y un mensaje es más corto (aprox. 1 ms). Este pertenece evidentemente a la unidad de control de la puerta del copiloto.

Además de CANH y CANL, la representación **Diferencia** muestra la diferencia entre ellas ΔCAN=CANH-CANL definida como Fórmula.

Otras variantes del ensayo y sus evaluaciones pueden verse en la literatura respectiva 566 1481.

Modulación por codificación de pulsos (Cuantificación)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La conversión de una señal analógica en una señal digital requiere 3 pasos:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

En este ensayo se estudia experimentalmente la cuantificación. Para reducir la resolución de la cuantificación cuantificación se conectan y desconectan bits individuales para de esta manera lograr una representación gráfica del proceso muy impresionante. Adicionalmente se registran las características del expansor y del compresor durante la compresión-expansión.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Modulador PCM	736 101
1	Demodulador PCM	736 111
1	Fuente de alimentación estabilizada ±15 V, 3 A	726 86
1	Juego de 10 conectores puente	501 511
2	Pares de cables, rojo y azul, 100 cm	501 46
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Prepare el montaje del ensayo y el cableado tal como se muestra en el esquema de arriba y encienda la fuente de alimentación estabilizada. Es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Desactive los bits del LSB (pulsador SELECT y ON / OFF, véase más adelante).
- Gire el potenciómetro *a* lentamente.
- En la región de pequeñas tensiones de entrada (< –10 V) puede ocurrir un salto de señal de 0 V —> –9,5 V debido a una saturación del convertidor A/D. Esto no es crítico y eventualmente la medición puede empezar en aprox. –9,5 V.
- La teoría y la realización del ensayo sobre este tema se describen en detalle en el manual (véase T7.2.2.1 Modulacíon de impulsos codificados 564 006, pág. 52).

Realización del ensayo

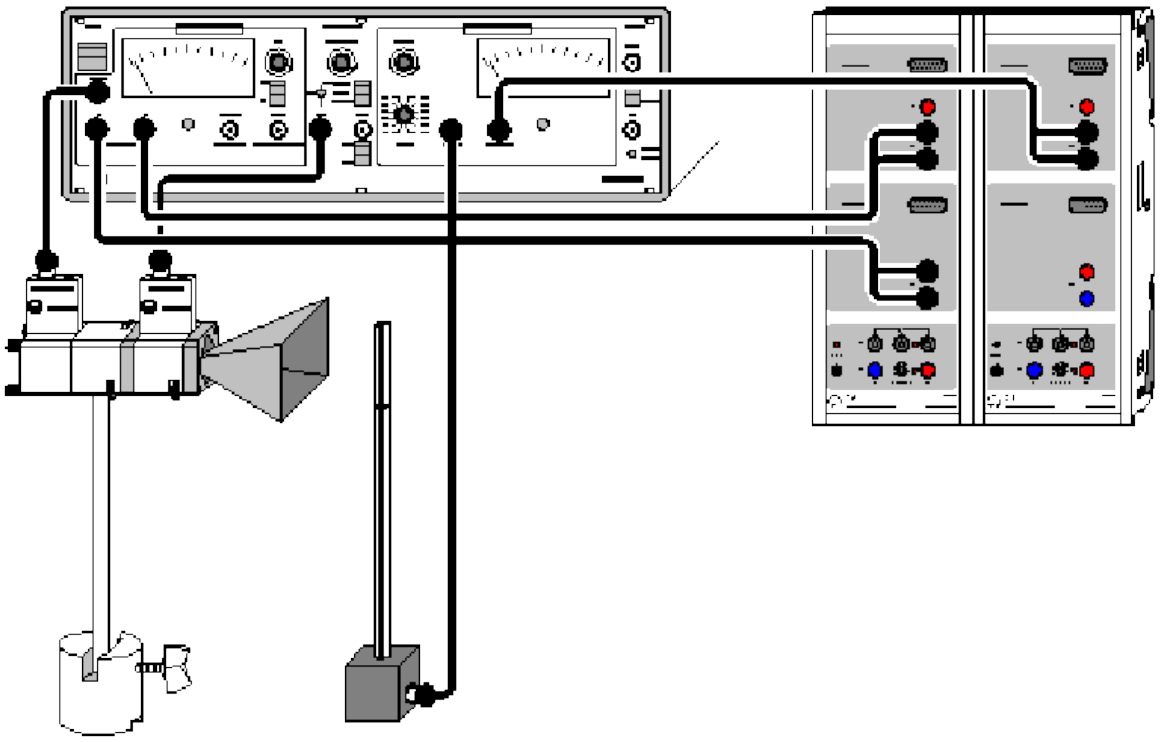
Cargar ajustes

- Gire el potenciómetro *a* completamente hacia la izquierda.
- Inicie la medición pulsando **F9** ó .
- Gire el potenciómetro *a* hacia la derecha. Con ello se está aplicando una tensión en la entrada del modulador PCM (736 101) que aumenta lentamente desde –10 V hasta +10 V. Esta tensión de entrada es indicada como tensión U_{A1}. La tensión de salida (después de la cuantificación) en el demodulador PCM (736 111) se representa como tensión U_{B1}.
- Luego del registro de la característica de cuantificación detenga la medición con **F9**.

Variantes

- Reducción de la resolución de 8 a 5 bits.
 Desactive los 3 bits de menor significancia (**L**east **S**ignificant **B**its = LSB) del modulador PCM pulsando SELECT y ON/OFF. Vuelva a pulsar SELECT hasta llegar a la posición del bit deseado. ON/OFF cambia entre activo / inactivo. Gire el potenciómetro *a* de regreso hacia la izquierda (tensión mínima de entrada: aprox. –10 V) y repita el registro de la característica de cuantificación. Claramente se puede observar los 32 pasos de una **misma altura** resultantes de los 5 bits.
- Cuantificación no lineal
 Oprima el pulsador MODE del modulador PCM y del demodulador PCM **una sola vez** en cada uno. Después de ello ambos dispositivos trabajarán en el modo de cuantificación no lineal (indicado en cada uno por un LED en la características de 13 segmentos). Luego repita el registro de la característica.
- Característica del compresor / expansor
 Para el registro de la característica del compresor / expansor solo uno de los dispositivos trabaja en el modo no lineal mientras que el otro dispositivo trabaja en modo lineal.

Fundamentos físicos de la tecnología de microondas (Características del oscilador Gunn)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Los osciladores Gunn están compuestos por una cavidad resonante (cavidad cerrada metálica) y un elemento Gunn. La característica corriente-tensión $I_G=f(U_G)$ del elemento Gunn contiene una región con pendiente negativa. Sólo en esta región de la característica el elemento Gunn no atenúa y puede compensar las pérdidas en el resonador de tal forma que la oscilación se hace permanente y es posible obtener una potencia útil de microondas. En este ensayo se registra y representa la corriente Gunn I_G y la potencia de microonda P_M en función de la tensión de c.c. U_G del elemento Gunn.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Oscilador Gunn	737 01
1	Unidad de alimentación Gunn con medidor SWR	737 021
1	Modulador PIN	737 05
1	Guía unidireccional	737 06
1	Soporte para componentes de guía de ondas	737 15
1	Antena de bocina grande	737 21
1	Sonda de campo eléctrico	737 35
1	Base cilíndrica	300 11
3	Cables HF, 1 m	501 02
3	Cables de medición BNC/conector de 4 mm	575 24
1	Libro: Physical Principles of Microwave Technology	568 722
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Prepare el montaje del ensayo y el cableado tal como está representado en el esquema de arriba y encienda la alimentación del oscilador Gunn. Es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Las conexiones entre la unidad de alimentación y el oscilador Gunn, el modulador PIN y la sonda de campo eléctrico deben hacerse con cables HF con BNC macho/macho.
- Las conexiones entre la unidad de alimentación (AMP OUT o RECORDER X,Y) y el Sensor-CASSY deben hacerse con cables de medición BNC/conector de 4 mm.
- Ponga en la unidad de alimentación, MODULATION a PIN INT.
- Ajuste la ganancia apropiada en el medidor SWR (v/dB y ZERO).
- La teoría y la realización del ensayo sobre este tema se describen en detalle en el manual (véase la pág. 11 y sig.).

Nota

En el montaje del ensayo representado se ha utilizado dos Sensor-CASSYs conectados en cascada. Esto hace posible el registro simultáneo de las características $I_G=f(U_G)$ y $P_M=f(U_G)$. La segunda característica representa la potencia relativa de microondas del oscilador Gunn en función de la tensión de c.c U_G del elemento Gunn.

Si solo se dispone de un solo Sensor-CASSY entonces realice la experiencia en dos etapas.

Realización del ensayo con 2 Sensor-CASSYs

- Cargar ajustes
- Gire el potenciómetro U_G completamente hacia la izquierda (U_G = 0 V).
- Inicie la medición con **F9**.
- Gire el potenciómetro U_G hacia la derecha. La tensión Gunn, la corriente Gunn y la potencia de microondas son visualizadas en los instrumentos indicadores respectivos.
- Luego del registro de las dos características $I_G=f(U_G)$ y $P_M=f(U_G)$ detenga la medición con **F9**.

Realización del ensayo con 1 Sensor-CASSY

- Cargar ajustes
- Gire el potenciómetro U_G completamente hacia la izquierda (U_G = 0 V).
- Inicie la medición con **F9**.
- Gire el potenciómetro U_G hacia la derecha. La tensión Gunn y la corriente Gunn serán representados en sus respectivos instrumentos indicadores.
- Luego del registro de la característica $I_G=f(U_G)$ detenga la medición con **F9**.

La segunda característica $P_M=f(U_G)$ se mide con el mismo CASSY y con la misma configuración. De aquí que la potencia de microondas relativa aparezca en el instrumento indicador de la corriente Gunn. Para ello tenga en cuenta lo siguiente:

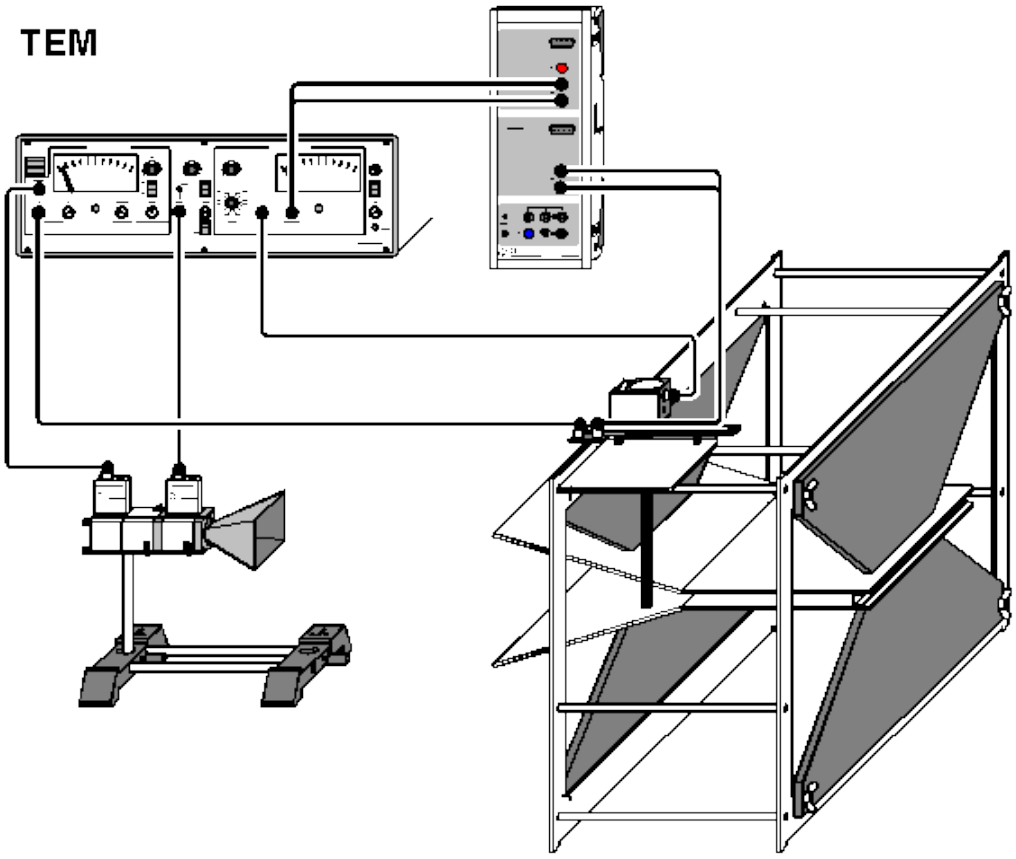
- Desconecte la unión del Sensor-CASSY con la alimentación (RECORDER Y) y conéctelo a AMP OUT.
- Ajuste la ganancia apropiada en el medidor SWR (v/dB y ZERO).
- Repita el registro de la característica.

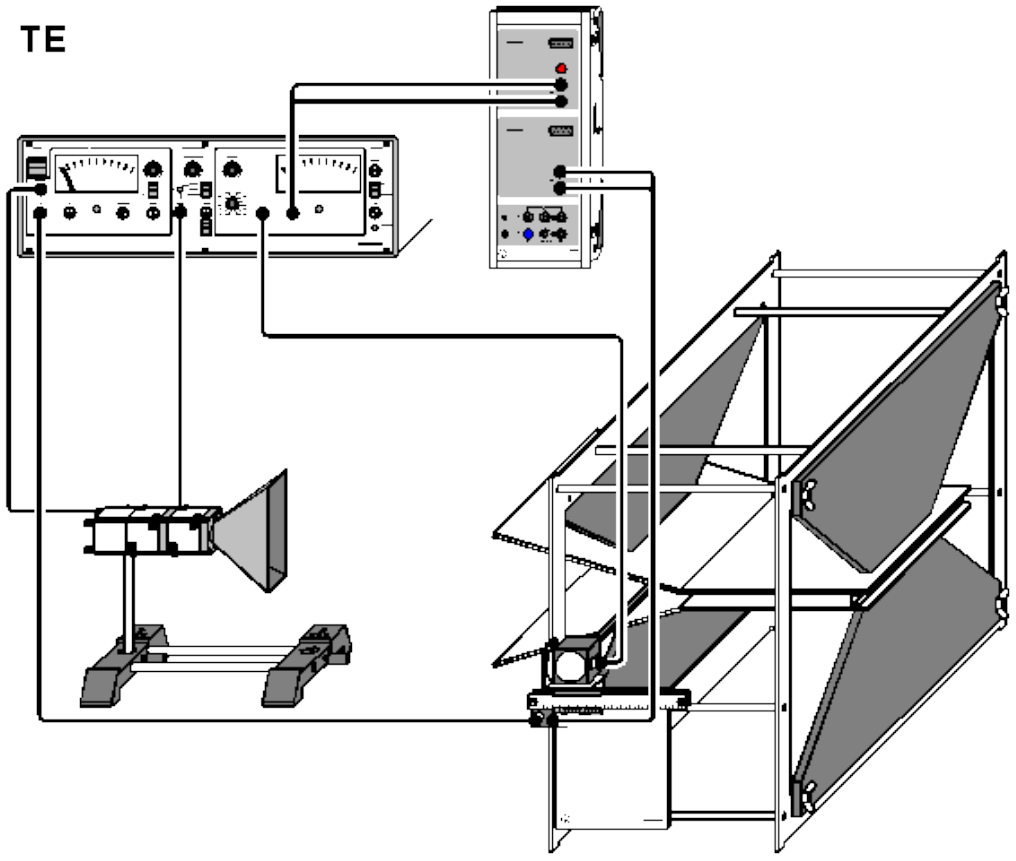
Nota

Las características de elementos activos en los ensayos con microondas muestran grandes dispersiones. Las características representadas en los ejemplos deben ser entendidas como ejemplos. Es importante la dependencia que existe entre la región que desciende en la característica corriente-tensión y la generación de la potencia de microondas. Los valores absolutos o el curso de las curvas puede variar marcadamente según el tipo de elemento Gunn usado.

La medición de la potencia de microondas P_M se realiza con un detector no calibrado. Por esta razón su valor numérico no puede ser determinado.

Guía de placas paralelas (modos TEM y TE)





Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

Girando la dirección de polarización del campo de microondas excitador (¡Tenerlo en cuenta en el ensayo!) se puede excitar ondas TEM o TE en la guía de placas paralelas. Las ondas TE muestran el efecto de corte (cut off), es decir, para una frecuencia fija del campo excitador las ondas TE pueden propagarse sólo por encima de una determinada distancia mínima entre placas. Al excitar con una frecuencia variable no es posible la propagación de ondas TE por debajo de la denominada frecuencia de corte para una distancia fija entre placas. Como los experimentos con microondas en el espacio libre solo están permitidos para determinadas frecuencias fijas, el ensayo que se ejecuta aquí se efectúa con una distancia variable entre placas.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Oscilador Gunn	737 01
1	Unidad de alimentación Gunn con medidor SWR	737 021
1	Modulador PIN	737 05
1	Guía unidireccional	737 06
1	Guía de placas paralelas	737 07
1	Carro de medición para guía de placas paralelas	737 071
1	Soporte para componentes de guía de ondas	737 15
1	Antena de bocina grande	737 21
1	Sonda de campo eléctrico	737 35
2	Cables HF, 1 m	501 02
2	Cables HF, 2 m	501 022
2	Cables de medición BNC/conector de 4 mm	575 24
2	Base de soporte MF	301 21
1	Libro: Parallel Plate Line	568 662
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo TEM o TE (véase el esquema TEM o TE)

Prepare el montaje del ensayo y el cableado tal como se muestra en el esquema de arriba y encienda la alimentación Gunn. Es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Las conexiones desde la alimentación hacia el oscilador Gunn, Modulador PIN y el carro de medición de la guía de placas paralelas (entrada IN 8-24 V) deben hacerse con cables HF con BNC macho/macho.
- Las conexiones desde la alimentación (AMP OUT) y del carro de medición de la guía de placas paralelas (salida X) hacia el Sensor-CASSY deben hacerse con cables de medición BNC/conector de 4 mm.
- Ajuste la tensión Gunn en la alimentación a U_G = 10 V.
- Ponga en la unidad de alimentación MODULATION a PIN INT.
- Posicione el carro de medición sobre el travesaño de la guía de placas paralelas de tal forma que la sonda de campo eléctrico en el tope izquierdo se eleve justo en la parte paralela de la guía de placas paralelas.
- Conduzca la sonda de campo eléctrico siempre con contacto mecánico al borde de la placa para evitar fluctuaciones de la posición.
- Cierre la guía de placas paralelas una tras otra con perfiles de cortocircuito de 13 mm y 22 mm.
- Para mayor información véase las instrucciones de servicio 737 07 y 737 071.
- La teoría y la realización del ensayo sobre este tema se describen en detalle en el manual (véase la pág. 27).

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Desplace el vernier del carro (737 071) hacia la derecha (x = 75 mm).

- Con el ratón arrastre el valor numérico de la tensión indicada U_{B1} hacia el instrumento indicador Tensión U_{75} (drag & drop, punto de calibración derecho para la medición de la posición).
- Desplace el vernier del carro (737 071) hacia la izquierda (x = 25 mm).
- Con el ratón arrastre el valor numérico de la tensión indicada U_{B1} hacia el instrumento indicador Tensión U_{25} (drag & drop, punto de calibración izquierdo para la medición de la posición).
- Desplace el vernier hacia la izquierda (x = 0 mm).
- Inicie la medición con **F9**.
- Mueva el vernier lentamente hacia la derecha.
- Eventualmente reajuste la ganancia v/dB y / o ZERO hasta que se presente la señal de medición deseada. ¡Mantenga los ajustes sin cambiar para otros ensayos!
- Luego de registrar el curso del campo detenga la medición con **F9**.

Evaluación de la longitud de onda

Con un ajuste libre y la fórmula para el curso del campo eléctrico E

A*sqr(cos(360/B*x+D)^2+1/C^2*sin(360/B*x+D)^2)

o en la notación técnica

$$A \cdot \sqrt{\left[\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot x + \varphi\right)\right]^2 + \frac{1}{SWR^2}\left[\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot x + \varphi\right)\right]^2}$$

donde

A: Amplitud de la intensidad de campo eléctrico
λ_g: Longitud de onda en la guía de ondas
SWR: Razón de onda estacionaria (ROE)
φ: Fase

se puede calcular directamente la longitud de onda λ_g=B en la guía de placas paralelas y la razón de onda estacionaria SWR=C a partir de los resultados de la medición (véase también el ensayo Medición de la razón de onda estacionaria).

Los valores iniciales, especialmente para la longitud de onda λ_g=B y la Razón de onda estacionaria SWR=C deben ser elegidas razonablemente, porque de otro modo el ajuste libre no encuentra un resultado o no encuentra el mejor resultado. Si desea desechar un ajuste haga un doble clic sobre la curva ajustada. Luego puede repetir el ajuste con otros valores iniciales.

Para los modos TEM se debe ingresar λ_g=B=32 mm (longitud de onda en el espacio libre) y para los modos TE se debe ingresar λ_g=B=45 mm (longitud de onda en la guía de ondas) y para la razón de onda estacionaria se debe tomar SWR=C=10 como valor inicial.

Evaluación del corte (cut off)

Si para el arreglo TE con 13 mm la distancia entre placas es muy pequeña, entonces no es posible excitar ningún otro modo TE (corte). Con el ajuste libre y la fórmula

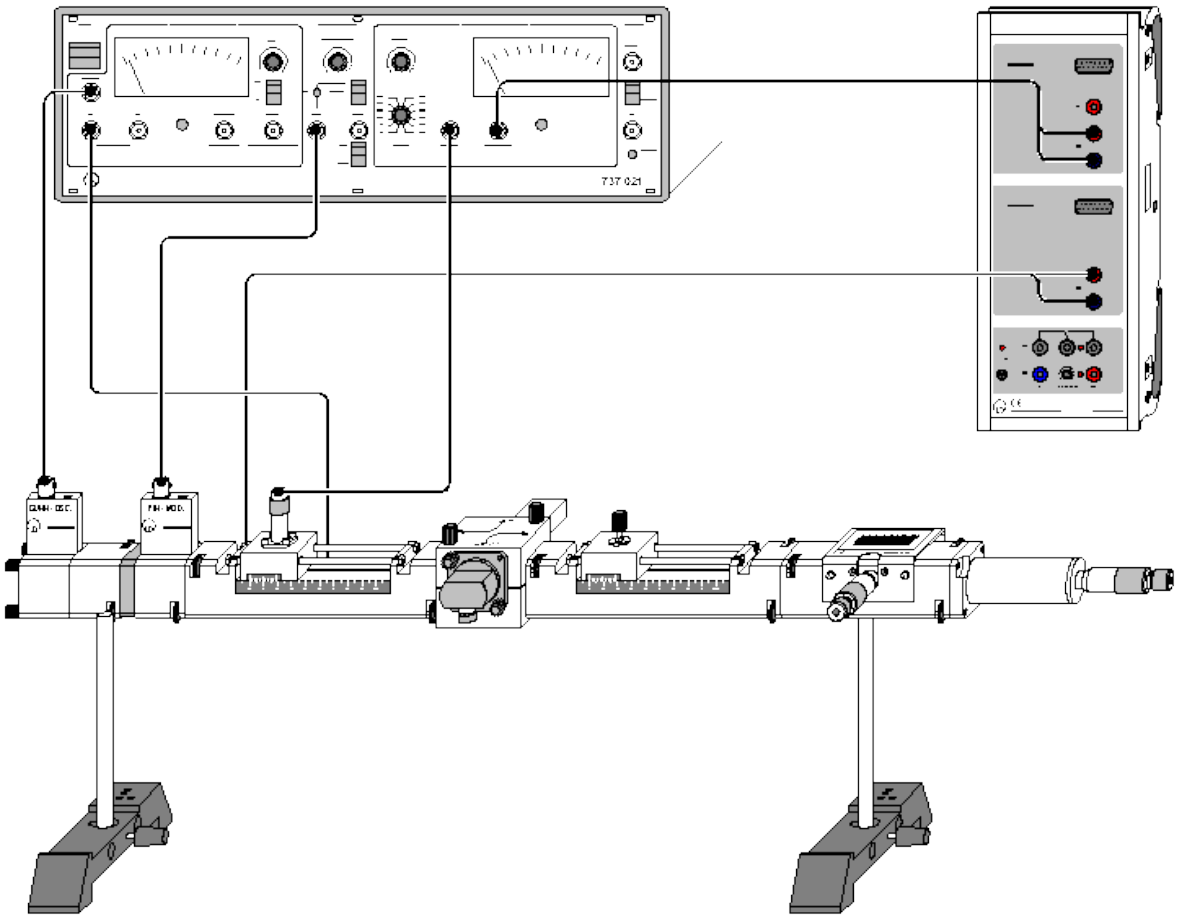
A*exp(-x/B)+C

es posible acercarse al comportamiento exponencial del campo. Como valor inicial para B se debe indicar 10 mm.

Nota

La tensión medida U_{A1} es proporcional a la potencia de las microondas. Bajo el supuesto que el detector coaxial posea una característica cuadrática ésta tensión puede ser convertida en la intensidad de campo eléctrico $E \propto \text{sqr } U_{A1}$. Como la característica del detector no está calibrada, el valor numérico de E es arbitrario.

Propagación de microondas en guía de ondas (Medición de la razón de onda estacionaria)



Cargar ejemplo

Descripción del ensayo

La razón de onda estacionaria (SWR o también ROE) es una medida escalar para la adaptación. En los experimentos con microondas esta determina la transferencia de potencia desde la fuente hacia la carga y la intensidad del campo en los componentes del circuito. Es por ello que en la mayoría de casos el interés es acercarse a un SWR próximo a 1. En este ensayo se compara la razón de onda estacionaria de diferentes cargas terminales. Como carga compleja de microondas se utiliza un elemento atenuador regulable (varía el valor absoluto de las reflexiones) y una corredera cortocircuito ajustable (varía la fase de las reflexiones) conectados en serie. Para el caso de una razón de onda estacionaria media (SWR igual a 3) la mejora de la adaptación se realiza mediante un transformador de tornillo deslizante (acoplador).

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010
1	CASSY Lab	524 200
1	Oscilador Gunn	737 01
1	Detector coaxial	737 03
1	Adaptador Guía de ondas / Coaxial	737 035
1	Unidad de alimentación Gunn con medidor SWR	737 021
1	Modulador PIN	737 05
1	Guía unidireccional	737 06
1	Elemento atenuador, ajustable	737 09
1	Cursor de cortocircuito	737 10
1	Línea de medición	737 111

1	Transformador de tornillo deslizante	737 13
1	Terminal para guía de ondas	737 14
1	Acoplador de cruce	737 18
2	Soportes para componentes de guía de ondas	737 15
4	Cables HF, 1 m	501 02
2	Cables de medición BNC/conector de 4 mm	575 24
2	Bases de soporte MF	301 21
1	Libro: Microwave Propagation in Waveguides	568 732
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Prepare el montaje del ensayo y el cableado tal como se representa en el esquema y encienda la alimentación Gunn. Por favor tenga en cuenta lo siguiente:

- Realice las conexiones entre la alimentación y el oscilador Gunn, modulador PIN y la línea de medición (INPUT) con cables HF con conector BNC macho/macho.
- Realice las conexiones entre la alimentación (AMP OUT) y la línea de medición (salida X) al Sensor-CASSY con cables de medición BNC/conector de 4 mm.
- Ajuste la tensión Gunn en la unidad de alimentación a U_G = 10 V.
- Ponga la unidad de alimentación MODULATION a PIN INT.
- Conecte la línea de medición INPUT con la unidad de alimentación RECORDER X.
- Monte el acoplador de cruce con un diafragma doble en cruz. Tor 1 a la línea de medición. Tor 2 al transformador de tornillo deslizante. Tor 3 al acoplador Guía de ondas / Coaxial. Tor 4 al terminal de guía de ondas.
- Desatornille el tornillo de ajuste del transformador hacia fuera de la guía de ondas. Deje la corredera en cualquier posición.
- La teoría y la realización del ensayo sobre este tema se describen en detalle en el manual (véase la pág. 27 y sig.).

Realización del ensayo

- Cargar ajustes
- Desplace el vernier de la línea de medición (737 111) hacia la derecha (x = 75 mm).
- Con el ratón arrastre el valor numérico de la tensión indicada U_{B1} hacia el instrumento indicador Tensión U_{75} (drag & drop, punto de calibración derecho para la medición de la posición).
- Desplace el vernier de la línea de medición (737 111) hacia la izquierda (x = 25 mm).
- Con el ratón arrastre el valor numérico de la tensión indicada U_{B1} hacia el instrumento indicador Tensión U_{25} (drag & drop, punto de calibración izquierdo para la medición de la posición).
- Desplace el vernier hacia la izquierda (x = 10 mm).
- Ajuste el elemento atenuador a 0 dB.
- Inicie la medición con **F9**.
- Desplace lentamente el vernier hacia la derecha.
- Eventualmente reajuste la ganancia v/dB y / o ZERO hasta que se presente la señal de medición deseada. ¡Mantenga los ajustes sin cambiar para otros ensayos!
- Luego de registrar el curso del campo detenga la medición con **F9**.

Evaluación

Con un ajuste libre y la fórmula para el curso del campo eléctrico E

A*sqr(cos(360/B*x+D)^2+1/C^2*sin(360/B*x+D)^2)

o en la notación técnica

$$A \cdot \sqrt{\left[\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot x + \varphi\right)\right]^2 + \frac{1}{SWR^2}\left[\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot x + \varphi\right)\right]^2}$$

donde

A: Amplitud de la intensidad de campo eléctrico

λ_g: Longitud de onda en la guía de ondas
SWR: Razón de onda estacionaria
φ: Fase

se puede calcular directamente la longitud de onda λ_g=B en la guía de ondas y la razón de onda estacionaria SWR=C a partir de los resultados de la medición.

Los valores iniciales, especialmente para la longitud de onda λ_g=B y la razón de onda estacionaria SWR=C deben ser elegidas razonablemente (aquí B=45 mm y C=10), porque de otro modo el ajuste libre no encuentra un resultado o no encuentra el mejor resultado. Si se desea desechar un ajuste haga un doble clic sobre la curva ajustada. Luego se puede repetir el ajuste con otros valores iniciales.

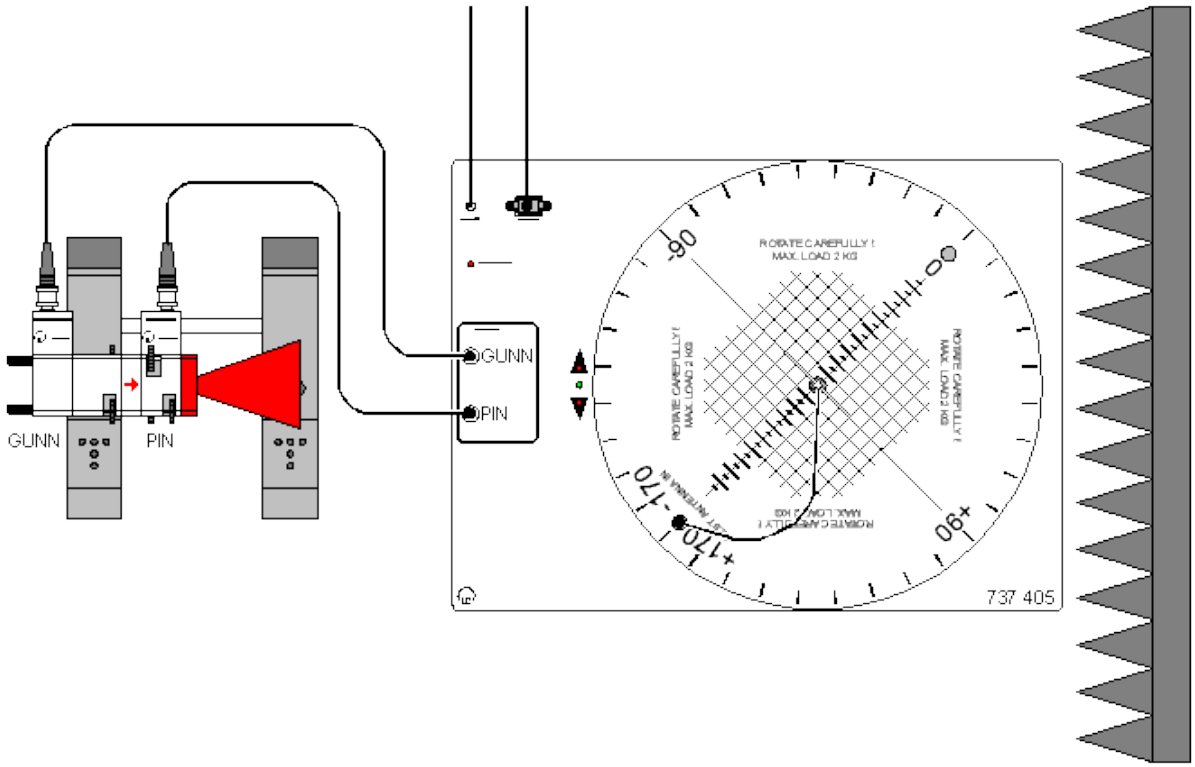
Variantes

- Registro de la razón de onda estacionaria en caso de reflexión reducida. Al reajustar el elemento atenuador (a > 0 dB) disminuye el SWR.
- Mejora de la adaptación mediante el transformador de tornillo deslizante.
- Ajuste el elemento atenuador a a=3 dB. Ahora se refleja sólo un 25 % de la potencia de microondas incidente. El factor de reflexión es r=0,5 y el SWR tiene el valor 3.
- Verifique las relaciones mediante una nueva medición.
- Atornille el detector coaxial al adaptador Guía de ondas / Coaxial. Sólo se mide la señal reflejada.
- Varíe la profundidad de penetración y la posición del tornillo de ajuste del transformador de tornillo deslizante y con ello minimice la señal reflejada.
- Atornille nuevamente el detector coaxial a la línea de medición y mida nuevamente el curso del SWR.

Nota

La tensión medida U_{A1} es proporcional a la potencia de las microondas. Bajo el supuesto que el detector coaxial posea una característica cuadrática ésta tensión puede ser convertida en la intensidad de campo eléctrico $E \propto \text{sqr } U_{A1}$. Como la característica del detector no está calibrada, el valor numérico de E es arbitrario.

Tecnología de antenas



Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

Como la potencia del oscilador Gunn (aprox. 10 mW) es reducida no hay peligro para los experimentadores durante la medición de antenas. En cuanto al trabajo con potentes fuentes de alta frecuencia tenga en cuenta lo siguiente:

- Evite definitivamente "observar" directamente en la antena emisora en emisión. Esto es válido también para terminales libres de guías de onda y antenas de bocina.
- En caso de cambios en el montaje, en los que se cambia componentes de microondas, desconecte la alimentación de tensión del oscilador Gunn.

Descripción del ensayo

Las antenas sirven para irradiar o recibir ondas electromagnéticas. Para ello éstas deben convertir la onda guiada de la línea de alimentación en una onda de espacio libre. De aquí que las antenas sean estructuras de transición que enlazan a líneas con el espacio libre. Por esta razón son muy importantes las características de radiación de una antena, que según la finalidad de la aplicación, puede ser muy diferentes para la radio, los radioenlaces dirigidos o los radares. De uso bastante generalizado son, por ejemplo, las antenas con fuerte efecto direccional.

En este ensayo se explica el uso de la estación de medición de antenas T 7.6.1 con la plataforma giratoria (737 405). Como ejemplo se registra los patrones (diagramas) direccionales de una antena dipolar $\lambda/2$. Para las mediciones en todas las otras antenas de prueba (Equipos T 7.6.2 hasta T 7.6.5) se recomienda la lectura del manual de ensayos T 7.6 Tecnología de antenas (568 702, en inglés). Indicaciones adicionales se detallan en las instrucciones de servicio 737 405.

Equipo requerido

1	Plataforma giratoria	737 405
1	Oscilador Gunn	737 01
1	Guía de ondas unidireccional (recomendado)	737 06
1	Modulador PIN (recomendado)	737 05
1	Antena de bocina grande	737 21

2	Bases de soporte MF	301 21
1	Juego de absorbente de microondas	737 390
1	Juego de antenas dipolares	737 411
1	PC con Windows 98/2000/XP/Vista	

Montaje del ensayo (véase el esquema)

Monte el ensayo según el esquema. Para la instalación del emisor (componentes de microonda) utilice las varillas de soporte suministradas de 345 mm de largo. En las instrucciones de servicio 737 405 puede encontrar indicaciones adicionales. En general, la distancia r_0 entre la antena fuente y la antena de prueba debe cumplir la condición de campo lejano. Para antenas dipolares esto se cumple generalmente a partir de $r_0 > 100$ cm. El cálculo del campo lejano que se encuentra en los Ajustes A determina la distancia mínima r_0 según la entrada del D_T (la mayor medición transversal o longitudinal de la antena de prueba) para la transición a campo lejano.

Inserte la antena de prueba (dipolo $\lambda/2$) en la recepción central de ejes insertables en la plataforma giratoria, de tal forma que el eje esté orientado a las líneas referenciales marcadas sobre el plato giratorio. Conecte la hembrilla de salida BNC de la antena de prueba con la hembrilla BNC TEST ANTENNA IN en el plato giratorio mediante un cable coaxial. Coloque la antena con dirección principal de radiación en la posición 0°. Encienda la plataforma giratoria conectando el adaptador de alimentación. La plataforma giratoria gira a la posición inicial -180°.

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Si todavía no ha sucedido, seleccione la plataforma giratoria como dispositivo conectado. A tal fin, coloque la plataforma giratoria en el puerto serie deseado dentro de los Ajustes generales. Luego almacene esta asignación con **Guardar nuevos predeterminados**.
- Si es necesario modifique los ajustes de la plataforma giratoria en Ajustes A. Al emplear la antena dipolar se debe tener activada la corriente de polarización. Si no se dispone de un modulador PIN conecte necesariamente la modulación Gunn.
- Inicie la medición con **F9** (cronómetro)**.** Después de una corta pausa la plataforma marcha en avance. Este el sentido en donde se lleva a cabo la propia medición del patrón direccional. Después de alcanzar el ángulo final prefijado, la plataforma inicia directamente el retorno hacia la posición inicial.
- En los Ajustes A normalice $A(\vartheta)$ a 1 mediante **Normalizar nivel**.

Evaluación

La medición de ejemplo muestra el patrón direccional horizontal de un dipolo $\lambda/2$. En Ajustes A se alineó el máximo de la curva de medición a 0°. La curva negra muestra la curva de medición y la curva roja el patrón direccional teórico. La curva teórica fue calculada mediante un libre ajuste (véase más adelante).

Notas

- El eje de simetría de la antena de prueba y el punto medio del plato giratorio deben estar alineados. En general esto se cumple para las antenas que son insertadas en la recepción central del plato giratorio. Sin embargo, existen también antenas de prueba que deben ser montadas con material de soporte. En este caso la antena deberá ser alineada cuidadosamente sobre el punto medio del plato giratorio, para que no se presenten movimientos excéntricos al girar (resultan asimetrías en los patrones direccionales).
- Si el lóbulo principal de la antena de prueba debe encontrarse en 0° en el patrón direccional, entonces la antena de prueba debe ser alineada a 0° con su dirección de radiación principal y presentar la misma orientación que la antena emisora. Ella debe "mirar" con su "lado posterior" hacia la antena fuente excitadora. La razón tiene un fondo técnico en el procedimiento: En un recorrido se mide la dirección de radiación principal y no es separada en dos mitades. De esta manera las modificaciones en el sistema dependientes del ambiente no perturban la importante región del lóbulo principal.
- Según el tipo de antena, la medición puede ser realizada con diferentes resoluciones angulares. Básicamente se cumple: Antenas complejas con muchos o estrechos lóbulos deben ser medidas con una alta resolución.
- Usted puede observar el proceso de medición simultáneamente sobre un instrumento de medición que puede ser ocultado o mostrado (por ej. para el ángulo, tensión y nivel) y también observarla

en la representación gráfica. En la representación gráfica se forma, paso a paso, el patrón direccional (Coordenadas cartesianas o Diagrama polar con ejes a seleccionar libremente). La escala puede ser desplazada con la tecla izquierda del ratón y modificada con la tecla derecha del mismo.

- La señal de la antena A en si no puede ser medida delante del detector; lo que se mide es la caída de tensión U que genera la corriente del detector en el amplificador de medición. En general U no es proporcional a A, sino

 $U \propto A^m$

 El exponente m describe la característica del detector. Si la señal de la antena A es normada a 1 en los Ajustes A mediante **Normalizar nivel** A(ϑ), entonces se cumple:

 $$A = \left(\frac{U}{U_{max}}\right)^{\frac{1}{m}}$$

 $$a = 20 \cdot \log(A)$$

 en donde U_{max} es la tensión U máxima medida.
 El exponente m depende de la potencia de las microondas incidentes. En el rango de pequeñas potencias m=2. Con ello se cumple:

 $U \propto A^2$

 La asunción de la ley cuadrática para el detector es válida, de acuerdo a la experiencia, sólo para potencias de microondas muy pequeñas, o tensiones receptoras U < 5 mV. El sistema de antenas permite, sin embargo, la entrada de otras características del detector. Rigurosamente se debe verificar la validez de la selección de las características. Esto presupone un elemento de amortiguamiento ajustable (737 09), con el que se puede atenuar definidamente la señal de la antena delante del detector.

Otros ejemplos de medición

Mediciones con el modulador PIN y la guía de ondas unidireccional

Cargar ejemplo

Mediciones sin modulador PIN, con modulación Gunn directa

Cargar ejemplo

Fórmulas en los diagramas direccionales

Los resultados de la medición pueden ser comparados con sus diagramas direccionales teóricos, en el caso que se disponga de una fórmula apropiada o pueda ser deducida. El empleo de fórmulas puede hacerse de dos maneras:

- La fórmula se define como una nueva variable. Luego todos los parámetros de la fórmula deberán ser ingresados.
- La fórmula se emplea para realizar un libre ajuste. Aquí él programa varía automáticamente hasta 4 parámetros de la fórmula para alcanzar la mejor concordancia de los resultados de la medición con la fórmula. Este método es muy elegante para las mediciones de antenas y por ello se le describe brevemente a continuación.

Libre ajuste para diagramas direccionales

Después de realizar una medición exitosa con la plataforma de antenas el libre ajuste requiere los siguientes pasos:

- Seleccione la representación cartesiana (con tal propósito en el diagrama seleccione Cambiar asignación de ejes con el botón derecho del ratón y debajo el eje X desactive la casilla de verificación **Polar**).
- Seleccione Libre ajuste (para ello en el diagrama seleccione Efectuar ajustes con el botón derecho del ratón y luego Libre ajuste).
- Ingrese la fórmula en el campo de entrada, selecciónela de la lista o cópiela por medio del portapapeles (mediante copiar y pegar, por ej. los ejemplos de fórmulas descritos más adelante), sólo marque la fórmula en si.
- Ingrese los valores iniciales para A, B, C y D. Aquí se tiene que estimar los valores más razonables posibles (véase los ejemplos de fórmulas descritas más adelante).

- Marque Representar automáticamente el resultado como nuevo canal (parámetro). Esto genera en la evaluación una nueva columna en la tabla con los valores calculados del diagrama direccional teórico.
- Seleccione **Marcado del rango** y marque toda la curva de medición con el botón izquierdo del ratón. A continuación se realiza el ajuste y se grafica la mejor aproximación encontrada de la fórmula a los valores medidos.
- Seleccione la representación polar (para ello pulse el botón derecho del ratón en el diagrama y seleccione Cambiar asignación de ejes y luego debajo del eje X active nuevamente la casilla de verificación **Polar**)

Ejemplos

Nota: Las fórmulas indicadas en los siguientes ejemplos pueden ser marcadas simplemente con el cursor y luego copiadas hacia el campo de entrada.

1 Dipolo técnico

$$A * \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi * l_{el}}{\lambda_0}\right) * \sin(\vartheta + \vartheta_0) - \cos\left(\frac{\pi * l_{el}}{\lambda_0}\right)}{\cos(\vartheta + \vartheta_0)} \right|$$

La fórmula describe la dependencia del diagrama direccional respecto al ángulo polar en una antena dipolar con una distribución de corriente de forma sinusoidal supuesta en los conductores de la antena. No se considera las distorsiones por desplazamiento de corriente como consecuencia de un grado de delgadez reducido (espesor finito del conductor de antena).

ϑ: Ángulo polar
ϑ_0: Descentramiento angular
l_{el}: Longitud eléctrica del dipolo (sin considerar el acortamiento)
λ_0: Longitud de onda en el espacio libre

Fórmula a copiar

A*abs((cos(180*B/32*sin(x+D))-cos(180*B/32))/cos(x+D))

x: Ángulo polar ϑ
32: Longitud de onda en el espacio libre en mm (λ_0 = 32 mm para 9,40 GHz).

El programa optimiza a partir de los valores de medición:

A: Ajuste de la amplitud
B: Longitud eléctrica l_{el}
D: Descentramiento angular ϑ_0 (desviación de la antena de la dirección de referencia)

Valores iniciales para los parámetros A, B y D

Antena	A	B/mm	D/Grado
Dipolo $\lambda/2$	1	16	0
Dipolo λ	1	32	0
Dipolo $3\lambda/2$	1	48	0
Dipolo 2λ	1	64	0
Dipolo 4λ	1	128	0

2 Antenas Yagi

2.1 Antenas Yagis con sólo un elemento parasitario

- Yagi R: dipolo y 1 reflector
- Yagi D: dipolo y 1 director

Ambos casos son descritos con aproximación por el diagrama direccional de un dipolo delante de una superficie conductora (reflector):

$$A*\left|\cos(\vartheta+\vartheta_0)\right|*\left|\cos\left(\frac{\pi}{2}+\frac{\pi*a}{\lambda_0}*\cos(\vartheta+\vartheta_0)\right)\right|$$

A: Ajuste de amplitud
a: Distancia entre dipolo y reflector
ϑ: Ángulo polar
λ_0: Longitud de onda en el espacio libre

Fórmula a copiar

A*abs(cos(x+B))*abs(cos(C+D*cos(x+B)))

x: Ángulo polar ϑ

El factor **A*cos(x+B)** corresponde al diagrama direccional de un dipolo de Hertz. Este radiador ideal es muy corto en comparación a la longitud de onda, de forma tal que está permitido suponer constante la distribución de corriente sobre él. El factor **abs(cos(C+D*cos(x+B)))** describe el efecto del elemento parasitario (reflector o director).

Valores iniciales

A=1 Ajuste de amplitud
B=0 Descentramiento angular ϑ_0, desviación de la antena de la dirección de referencia
C=90 Fase
D=60 Factor constructivo condicionado, considera la relación a/λ_0

2.2 Antenas Yagis con varios elementos parasitarios

Estos casos son descritos con aproximación por el diagrama direccional de un dipolo individual y los denominados factores grupales (aquí: factor grupal horizontal):

$$A*\left|\cos(\vartheta)\right|*\left|\frac{\cos\left(n*\left(\frac{\beta_0}{2}+\frac{\pi*a}{\lambda_0}*\cos(\vartheta)\right)\right)}{\cos\left(\frac{\beta_0}{2}+\frac{\pi*a}{\lambda_0}*\cos(\vartheta)\right)}\right|$$

A: Ajuste de amplitud
n: Número de elementos Yagi, incluye el dipolo
a: Distancia promedio entre los elementos parasitarios (directores, reflector)
β_0: Ángulo de fase
ϑ: Ángulo polar
λ_0: Longitud de onda en el espacio libre

Fórmula a copiar

A*abs(cos(x))*abs(cos(B*(C+D*cos(x)))/cos(C+D*cos(x)))

x: Ángulo polar

Valores iniciales

A=0,4 Ajuste de amplitud
B=3 (6) Número de elementos radiadores incluyendo el dipolo n (seleccionar **constante**)
C=-60 (-20) Ángulo de fase β_0
D=50 (36) Factor constructivo condicionado, considera la relación a/λ_0

3 Antenas de ranura

El diagrama direccional horizontal de una antena de ranura contiene los factores D*H*R:

D: Diagrama direccional del radiador individual
H: Factor grupal horizontal
R: Factor reflector

$$A * \left|\sin(\vartheta + \vartheta_0)\right| * \left|\frac{\sin\left(\frac{n * \pi * b}{\lambda_0} * \cos(\vartheta + \vartheta_0)\right)}{\sin\left(\frac{\pi * b}{\lambda_0} * \cos(\vartheta + \vartheta_0)\right)}\right| * \left|2 * \cos\left\{\frac{\pi}{4} * (-1 + \sin(\vartheta + \vartheta_0))\right\}\right|$$

A: Ajuste de amplitud
n: Número de ranuras radiantes
b: Distancia entre ranuras (mitad de longitud de onda de la guía de onda $\lambda_G/2$)
ϑ: Ángulo polar
ϑ_0: Descentramiento angular
λ_0: Longitud de onda en el espacio libre

Fórmula a copiar

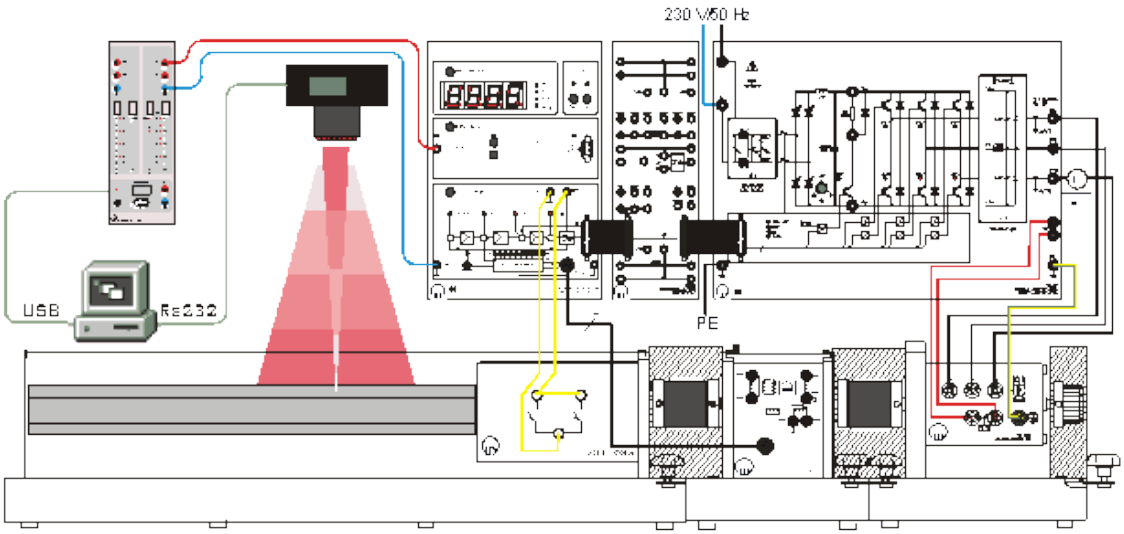
A*abs(sin(x+B))*abs((sin(D*180*C/32*cos(x+B))/sin(180*C/32*cos(x+B)))*cos(45*(-1+sin(x+B))))

x: Ángulo polar ϑ

Valores iniciales

A=1 Ajuste de amplitud
B=0 Adaptación angular ϑ_0
C=23 Distancia entre ranuras b
D=7 Número de ranuras n (seleccione **constante**)

Servomandos



Cargar ejemplo

Instrucciones de seguridad

¡Antes de la puesta en funcionamiento familiarícese con cada uno de los aparatos y lea las instrucciones de servicio!

¡Tenga en cuenta la unión del interruptor de fin de carrera de la unidad lineal con la unidad de control con conmutación sinusoidal!

Descripción del ensayo

Los servomandos son utilizados frecuentemente con fines de posicionamiento. En este ensayo un servomando de c.a. conmutado sinusoidalmente controla una unidad lineal que mueve una pieza de trabajo a posicionar. En el marco de lo que se conoce como un control de posición con "Posicionamiento directo" la cámara VideoCom registra la variable a controlar "Posición" mediante un CCD (Charge-Coupled Device) de una sola línea. El software registra esta variable y calcula la variable de control "Tensión" para el servomando de c.a. a partir de la variable de referencia prefijada en el PC.

Para el registro del movimiento, a la pieza de trabajo simulada se le pega una tira de una lámina reflectora. VideoCom detecta los reflejos de los destellos de luz que LEDs emiten y les asigna las posiciones reales del cuerpo. La repetición en intervalos de tiempo regulares permite registrar el movimiento lineal con una alta resolución y sin contacto alguno.

Equipo requerido

1	Profi-CASSY	524 016
1	CASSY Lab	524 200
1	VideoCom	337 47
1	Convertidor universal 3x230 V	735 297
1	Unidad de control con conmutación sinusoidal	735 293
1	Servomotor AC	731 994
1	Resolvedor	731 094
1	Unidad lineal	731 085
2	Guardas de acoplamiento	731 081
1	Guarda del árbol	731 071
2	Acoplamientos 0,1/0,3	731 06
1	Trípode de cámara, por ej.	300 59
	diversos cables de experimentación de seguridad	

1 PC con Windows 98/2000/XP/Vista

Para conectar a la red el convertidor universal se recomienda una unidad de conexión monofásica (por ej. 726 71).

Montaje del ensayo

Monte el ensayo tal como se muestra en el bosquejo. Conecte el Profi-CASSY a un puerto USB y el VideoCom a un puerto serie RS232 del PC. ¡Al principio **NO** acople la unidad lineal a la fase del mando! Acople el servomotor AC y el resolvedor tal como se describe en las instrucciones de servicio y ponga en funcionamiento al equipo. Gire manualmente la corredera de la unidad lineal aproximadamente hacia el centro. Fije la cámara en un trípode aprox. 1 m centralmente sobre la unidad lineal. Conmute la unidad de control con conmutación sinusoidal en el modo de operación "Control de velocidad".

Realización del ensayo

Cargar ajustes

- Si todavía no ha sucedido, seleccione VideoCom como dispositivo conectado. Para ello asigne VideoCom al puerto serie deseado en Ajustes General VideoCom. Luego haga un clic sobre el botón **Guardar nuevos predeterminados** para almacenar esta asignación.
- Si en la ventana para la variable a controlar Sistema controlado s no indica valor alguno, ajuste la cámara de tal manera que indique la posición.
- Para la variable de referencia w ajuste un valor de 0,5 m.
- Inicie la medición con la tecla **F9** (cronómetro). El motor arranca. Ahora gire la unidad de posicionamiento manualmente hasta que el motor se detenga.
- Luego acople la unidad de posicionamiento y la fase del mando y puede fijar los predeterminados de la posición variando la variable de referencia w que luego serán recorridos.
- Usted puede variar los parámetros del controlador K_p y T_n y observar el efecto sobre el control. Igualmente usted puede configurar en la unidad de control con conmutación sinusoidal los límites para la velocidad de rotación y la corriente (véase la instrucción de servicio respectiva).

Apéndice

Contador de centelleo

Con un contador de centelleo (559 901) se puede determinar la energía de radiación γ. La radiación produce destellos luminosos por interacción con el cristal de centelleo, los cuales son convertidos en pulsos de tensión en el Fotomultiplicador. El número de fotones emitidos y con ello las alturas (amplitudes) de los pulsos son proporcionales a la energía de los rayos γ. Para el análisis de las alturas de los pulsos se emplea un Analizador Multicanal (MCA), por. ej. la Unidad MCA (524 058) en el Sensor-CASSY (524 010).

Para la determinación de los rayos α es apropiado utilizar un Detector de semiconductor.

Centelleadores de NaI(Tl)

Un material usual para la construcción de contadores de centelleo es el NaI(Tl). El dopaje con talio (Tl) sirve para generar centros luminosos. Debido al componente de Iodo (Z=53) la probabilidad de detección para la radiación γ es muy alta. La detección de los cuantos γ emitidos desde una fuente se realiza por transporte de energía a los electrones del NaI que son frenados en el cristal centelleador. Aquí se producen pares de estados ocupados en la banda de conducción y estados desocupados en la banda de valencia del cristal. El número de estos pares electrones-huecos es proporcional a la energía absorbida, ya que la generación de un par electrón-hueco siempre requiere la misma energía. Los átomos de talio ligados en el cristal son ionizados por la interacción con los huecos producidos al frenar los electrones primarios. Luego de la recombinación final con un electrón, los átomos emiten fotones con una energía entre 2,9 y 3,1 eV. De esta forma el número de fotones es proporcional a la energía absorbida.

El cristal de NaI es transparente para los fotones emitidos. Su absorción por otro átomo de talio es muy poco probable, ya que estos están presentes en una concentración mínima. Como se trata de un monocristal, no se produce dispersión en los límites de los granos en el cristal. Por lo demás el cristal está encapsulado (impermeable a la luz) para protegerlo de la luz y está provisto de un buen material reflectante. Una gran parte de los fotones de emisión alcanzan el fotocátodo del fotomultiplicador. En el fotocátodo los fotones de emisión liberan electrones. Finalmente la corriente de electrones es amplificada en forma de avalanchas al producirse electrones secundarios en una serie de dinodos conectados en serie. El factor de ganancia para cada etapa de dinodo depende, entre otros, de la diferencia de potencial entre los dinodos y del material de los mismos. Los potenciales de los dinodos se toma de un divisor de voltaje, el cual se encuentra bajo una alta tensión estable en el tiempo y térmicamente. Sobre el ánodo llega una cantidad de carga proporcional a la cantidad de fotones, cuyo flujo a través de una resistencia de trabajo genera una señal de tensión. Esta señal es proporcional a la carga cuando la constante de desintegración del pulso de salida es claramente mayor que la constante de tiempo para la emisión de luz de los átomos excitados de talio (t = 0,23 μs). En total la amplitud de los pulsos es así proporcional a la energía absorbida de la radiación.

Este pulso de tensión es evaluada, por ejemplo, con un sistema compuesto por la Unidad MCA, el Sensor-CASSY y el software CASSY Lab en un PC.

La energía de la radiación incidente no es siempre convertida completamente en un cristal de centelleo, sino puede escapar parcialmente a otros procesos, como en el caso del efecto Compton.

Atención

- El monocristal de NaI(Tl) situado en la punta del contador de centelleo es sensible frente a esfuerzos mecánicos.
- Igualmente el cristal de NaI(Tl) es sensible frente a cambios bruscos de temperatura, como por ej. los cambios que pueden producirse en el momento del desembalaje luego del transporte.

En ambos casos pueden producirse fisuras en el monocristal, que a causa de la dispersión puede menoscabar la sensibilidad y desmejorar sobre todo la resolución de energía.

Contador de semiconductor

Para detectar radiación α se emplea preferentemente un detector semiconductor con capa de junción. La radiación α ionizante genera una cantidad de carga en la capa de junción de un diodo semiconductor (559 92), que es proporcional a la energía α. Esta cantidad de carga se mide electrónicamente y está a disposición a la salida de un pre-amplificador adecuado (559 93) como pulso de tensión. Este pulso puede ser procesado con un Analizador multicanal como la Unidad MCA con Sensor-CASSY.

Los preparados utilizados en el experimento producen partículas α en el rango de los 6 MeV. Estos tienen una profundidad de penetración en el silicio de aprox. 50 µm. El ancho de la capa de junción del diodo semiconductor depende la tensión aplicada y es de unos 70 µm aproximadamente para una tensión de bloqueo de 10 V.

Analizador multicanal de alturas de pulsos

El procesamiento posterior de las señales del detector se realiza en un analizador multicanal, cuyos componentes centrales son un detector de valores pico y un convertidor analógico-digital. El detector de valores pico almacena el valor más alto del pulso de entrada U y el convertidor A/D convierte los valores medidos en un valor digital proporcional k. Dicho con más precisión k corresponde al intervalo de alturas de pulsos, cuyo ancho depende de la resolución del convertidor analógico-digital. El ordenador asigna a cada valor digital un lugar en la memoria y cuenta los eventos en cada lugar de memoria. El resultado es un histograma que representa la distribución de frecuencias de las alturas de pulsos. Para la evaluación cuantitativa se requiere una calibración de energía, ya que los factores de proporcionalidad entre la energía y las alturas de los pulsos no son conocidos.

Para la calibración de energía se registra un espectro de una fuente conocida y de aquí se determina la asignación de los números de canal - energía. Esta calibración es válida también para otros espectros que se miden con las mismas condiciones.

En forma de una Unidad MCA (524 058) se dispone de tal analizador multicanal para el Sensor-CASSY (524 010), la cual es soportada por el software CASSY Lab (524 200).

Interacción de la radiaciónγ con la materia

En el rango de energía γ entre 50 y 2000 keV tienen mayor importancia dos interacciones de la radiación γ con el cristal de centelleo.

En el caso del efecto fotoeléctrico el cuanto γ transfiere todo su energía E_γ a un átomo del cristal y libera un electrón ligado. Excepto la componente que corresponde a la energía de formación la energía γ se convierte en energía cinética. Esta energía cinética es entregada al cristal mediante dispersión inelástica. El átomo ionizado emite cuantos de rayos X o electrones Auger. Incluso su energía es absorbida completamente en el detector. Es por esto que la energía total absorbida corresponde a la energía de los cuantos γ. En este caso la radiación γ se registra en el pico de absorción total de la distribución de altura de pulsos.

En el efecto Compton-Effekt se transfiere una parte de la energía γ en energía cinética del electrón mediante colisión elástica con un electrón cuasi-libre. El resto de la energía γ original permanece en el cuanto γ dispersado, que abandona al cristal con una determinada probabilidad sin alguna otra interacción. La energía absorbida en el detector del electrón se encuentra entre 0 keV (dispersión hacia delante del cuanto γ) y un valor máximo E_C (dispersión de retroceso del cuanto γ). Esto conduce a la formación de una distribución Compton con un borde Compton en la energía E_C.

Conversión interna

Después de una desintegración radioactiva (decaimiento α ó β) el producto radioactivo originado puede encontrarse en un estado excitado. Al pasar hacia un estado fundamental energéticamente más favorable se libera energía. Ésta puede ser entregada de diferentes maneras.

Además de la entrega de energía por emisión directa de un cuanto γ para el núcleo existe también la posibilidad de transferir la energía a un electrón de su capa atómica. La probabilidad de permanencia de los electrones de las capas atómicas en el núcleo no es cero. De preferencia se transfiere energía a los electrones de las capas internas. Éstos llevan consigo la energía del estado excitado como energía cinética y dejan un átomo ionizado. El hueco que surge en la capa atómica interna es llenado nuevamente por electrones de las capas superiores. La energía que se libera aquí puede ser transferida a los electrones externos del mismo núcleo (proceso Augér) o emitida como radiación X característica.

Como la desexcitación nuclear se produce mediante conversión interna en competencia a la emisión γ, los isótopos que emiten rayos γ son también buenos candidatos si es que se puede observar emisiones K_α .

Radiación X característica

En los diferentes procesos, como en el de la conversión interna y en el efecto fotoeléctrico en una irradiación, un átomo puede ser ionizado. Debido a las altas energías en la física nuclear se retira mayormente un electrón de las capas más internas. El hueco que surge en la capa atómica interna es llenado nuevamente por electrones de las capas superiores. La energía que se libera puede ser transferida a otros electrones (proceso Augér) o es emitida como la radiación X característica.

Un hueco en la capa K puede ser llenado por electrones de la capa L, emitiéndose radiación K_α, en el caso de un llenado desde la capa M se emite radiación K_β altamente energética.

La energía de la línea K_α para diferentes átomos de número atómico Z se puede estimar con la fórmula de Moseley:

$$E_{K\alpha} = \frac{3}{4} R(Z-1)^2$$

con la constante de Rydberg R= 13,605 691 72(53) eV.

Un análisis más preciso muestra que todas las capas por encima de la capa K está desdoblada varias veces en varios otros niveles de energía. La capa L está compuesta de tres subcapas, dos de ellas permiten transiciones hacia la capa K. Las líneas se designan como $K_{\alpha 1}$ y $K_{\alpha 2}$. Con un contador de centelleo estas líneas no pueden ser resueltas.

Los valores exactos para las energías de enlace de cada capa se encuentra en la bibliografía, por. ej. C. M. Lederer and V. S. Shirley, Table Of Isotopes, 7th Edition, (Wiley-Interscience, 1978), o en Internet: http://nucleardata.nuclear.lu.se/NuclearData/toi/.

Tablas resumidas de las líneas de rayos X característicos se encuentran por ej. bajo http://xray.uu.se/hypertext/XREmission.html o http://www.amptek.com/xray_chart.html.

Líneas de rayos X característicos de algunos elementos

Z	Elemento	K_α/keV	K_β/keV
29	Cu	8,05	8,91
30	Zn	8,64	9,57
42	Mo	17,48	19,61
50	Sn	25,27	28,49
53	I	28,61	32,29
56	Ba	32,19	36,38
73	Ta	57,53	65,22
74	W	59,32	67,24
79	Au	68,80	77,98
80	Hg	70,82	80,25
81	Tl	72,87	82,58
82	Pb	74,97	84,94
83	Bi	77,11	87,34
84	Po	79,29	89,80
85	At	81,52	92,30
86	Rn	83,78	94,87
87	Fr	86,10	97,47
88	Ra	88,47	100,13
89	Ac	90,88	102,85
90	Th	93,35	105,61
95	Am	106,35	120,16

Efecto Compton (Fundamentos)

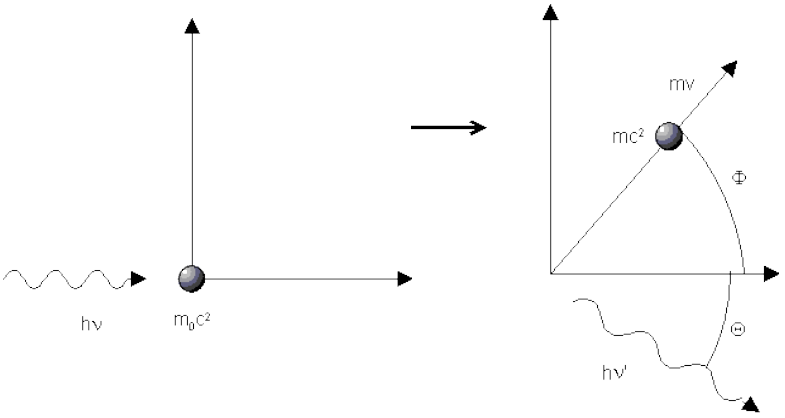
Historia

La radiación electromagnética se dispersa al pasar por la materia. En el año 1921 A.H. Compton observó que la dispersión de rayos X en la materia, además de la radiación espectral de dispersión sin corrimiento, se presenta también una componente espectral con corrimiento, dependiente del ángulo de dispersión. Este efecto tiene su explicación considerando el modelo de partículas en procesos de colisión entre el cuanto X y un electrón de la materia dispersora conservándose la energía y la cantidad de movimiento.

La variación observada de la longitud de onda sólo depende del ángulo de dispersión y no del material del cuerpo dispersor. Para el estudio del efecto Compton son apropiados los materiales con números atómicos pequeños, por ejemplo aluminio debido a la absorción reducida en el cuerpo dispersor.

Deducción del corrimiento Compton

El efecto Compton puede ser tratado como un choque elástico entre un fotón y un electrón, en donde es necesario un cálculo relativístico, ya que las energías son mayores que la de la masa en reposo del electrón.



Se cumple la conservación de la energía

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + mc^2$$

con

$$m = m_0 \Big/ \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

y la conservación de la cantidad de movimiento en las direcciones de las coordenadas

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c}\cos\Theta + mv\cos\Phi$$

$$0 = \frac{h\nu'}{c}\sin\Theta - mv\sin\Phi$$

De aquí se obtiene

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}\left(1 - \cos\Theta\right)$$

y con

$$E_r' = h\nu' = \frac{hc}{\lambda'}$$

se tiene

$$E_r' = E_r \Big/ \left(1 + \frac{E_r}{m_0c^2}\left(1 - \cos\Theta\right)\right)$$

Efecto Compton (Espectro)

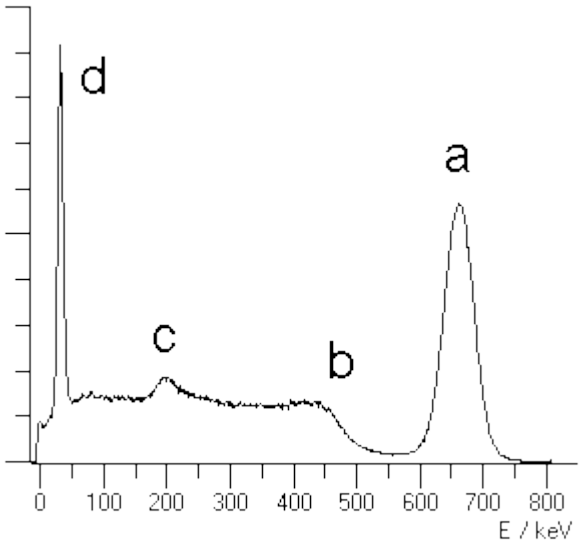
El efecto Compton se presenta en general al pasar radiación electromagnética por la materia. Éste puede causar que la radiación emitida por los preparados no siempre es convertida completamente en el cristal de centelleo. En el experimento se observa al efecto Compton tanto en preparados y sus inmediaciones como también en el detector, lo cual produce efectos diferentes en el espectro.

Como ejemplo se ha tomado un preparado que sólo emite una línea γ monoenergética de la energía E_γ . Los valores numéricos han sido calculados para la línea 662 keV de una fuente de Cs-137, en el espectro designada con "a". La línea "d" es otra línea de emisión de la desintegración del Cs-137, que aquí no tiene mayor importancia.

Un choque Compton fuera del detector conduce a una pérdida de energía del cuanto γ antes de que alcance el detector. Se produce un continuo de fotones dispersados de la energía de E_γ (662 keV) hasta descender hasta la energía de una retrodispersión en 180° (184 keV, punto "c" en el espectro). Debido a los coeficientes de dispersión dependientes del ángulo (fórmula de Klein-Nishina) la probabilidad para la retrodispersión en 180° se eleva, en el espectro aparece por ello el llamado pico "c" de la retrodispersión.

En el detector el cuanto γ de la energía E_γ es absorbido completamente (fotopico), pero también puede producirse un efecto Compton, en el cual el cuanto γ dispersado abandona el detector y sólo se detecta la energía del electrón. Este electrón posee una energía de cero hasta la energía máxima en la retrodispersión en 180° y genera un continuo que va desde cero hasta el borde del Compton (478 keV, punto "b").

Otra posibilidad de absorción de energía incompleta en el detector en el proceso de escape K_α. El cuanto γ incidente transfiere su energía, o una parte de ella a un electrón de una capa atómica interna. Lo que queda es un hueco en la capa electrónica, de la que el electrón ha sido extraído. Este hueco es nuevamente llenado con emisión de una radiación X característica, la cual abandona el cristal de centelleo. Falta por ejemplo la energía de un cuanto K_α . Por ello, en el cristal de NaI se ve también una línea corrida en 28,6 keV (iodo K_α) bajo determinadas condiciones.



Fuentes radioactivas

Ordenadas según su energía:

Emisores γ:

Energía	Preparado	Fuente	
32,19 keV	Cs-137	Ba-137	Línea K_α luego de conversión interna
53,23 keV	Ra-226	Bi-214	Emisión γ del estado excitado
59,54 keV	Am-241	Np-237	Emisión γ del estado excitado
74,96 keV		Plomo	Blindaje, línea K_α luego de ionización en el plomo
74,96 keV	Th-232	Pb-208	Línea K_α luego de conversión interna
77,10 keV	Th-232	Bi-212	Línea K_α luego de conversión interna
77,10 keV	Ra-226	Bi-214	Línea K_α luego de conversión interna
79,30 keV	Ra-226	Po-214	Línea K_α luego de conversión interna
93,33 keV	Th-232	Th-228	Línea K_α luego de conversión interna
186,10 keV	Ra-226	Rn-222	Emisión γ del estado excitado
238,63 keV	Th-232	Bi-212	Emisión γ del estado excitado
241,98 keV	Ra-226	Bi-214	Emisión γ del estado excitado
295,21 keV	Ra-226	Bi-214	Emisión γ del estado excitado
338,32 keV	Th-232	Th-228	Emisión γ del estado excitado
351,92 keV	Ra-226	Bi-214	Emisión γ del estado excitado
511,00 keV	Na-22	β^+	Aniquilación de positrones en la materia
583,19 keV	Th-232	Pb-208	Emisión γ del estado excitado
609,31 keV	Ra-226	Po-214	Emisión γ del estado excitado
661,66 keV	Cs-137	Ba-137	Emisión γ del estado excitado
911,20 keV	Th-232	Th-228	Emisión γ del estado excitado
968,97 keV	Th-232	Th-228	Emisión γ del estado excitado
1173,23 keV	Co-60	Ni-60	Emisión γ del estado excitado
1274,53 keV	Na-22	Ne-22	Emisión γ del estado excitado
1332,50 keV	Co-60	Ni-60	Emisión γ del estado excitado
1460,81 keV	K-40	Ar-40	Emisión γ del estado excitado

Emisores α:

Con un suficiente blindaje de la muestra se reduce la energía de las partículas α salientes dependientes de la energía. Para las líneas del Am-241 esta pérdida es aprox. 1 a 2 MeV.

Energía	Preparado	Fuente	
4784,34 keV	Ra-226	Ra-226	
5304,38 keV	Ra-226	Po-210	
5489,52 keV	Ra-226	Rn-222	
6002,35 keV	Ra-226	Po-218	
7686,82 keV	Ra-226	Po-214	
5388,23 keV	Am-241	Am-241	Estructura fina del Np-237, intensidad 1,6 %
5442,80 keV	Am-241	Am-241	Estructura fina del Np-237, intensidad 13 %
5485,56 keV	Am-241	Am-241	Estructura fina del Np-237, intensidad 84 %
5511,47 keV	Am-241	Am-241	Estructura fina del Np-237, intensidad 0,22 %
5544,50 keV	Am-241	Am-241	Estructura fina del Np-237, intensidad 0,34 %

Emisores β, energía en el punto final:

Energía	Preparado	Fuente	
317,88 keV	Co-60	Co-60	se absorbe en las paredes
513,97 keV	Cs-137	Cs-137	Decaimiento β^-
546,00 keV	Sr-90	Sr-90	se absorbe en las paredes
546,00 keV	Na-22	Na-22	Decaimiento β^+-
625,67 keV	Cs-137	Ba-137	Conversión monoenergética de electrones
1175,60 keV	Cs-137	Cs-137	Decaimiento β^-

1820,20 keV	Na-22	Na-22	Decaimiento β^+
2280,10 keV	Sr-90	Y-90	Decaimiento β^-

Los datos se extrajeron de:
The Lund/LBNL Nuclear Data Search
Version 2.0, February 1999
S.Y.F. Chu 1, L.P. Ekström 1,2 and R.B. Firestone 1
1 LBNL, Berkeley, USA
2 Department of Physics, Lund University, Sweden
y también pueden ser encontrados bajo http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/index.asp.

Por el momento los siguientes preparados están disponibles en LD Didactic:

Cat. No.	**Denominación**
588 855	Juego de aparato RAD 1 para radioactividad contiene entre otros:
	Cenizas de nuez de Brasil 060 26 002 (Ra-226)
	Sulfato de potasio 200 67 322 (K-40)
559 430	Preparado de Ra-226, 3,3 kBq
559 82	Preparado de Am-241, 330 kBq
559 87	Preparado de Sr-90, 110 kBq
559 809	Preparado de Cs-137, 3,7 MBq
559 815	Preparado de Cs-137, 370 kBq, para la extracción de Ba-137 m
559 885	Preparado de Cs-137, 5 kBq, para el vaso de Marinelli
559 83	Juego de preparados radioactivos
	Preparado de Am-241, 74 kBq
	Preparado de Co-60, 74 kBq
	Preparado de Na-22, 74 kBq
	Preparado de Sr-90, 74 kBq
	Preparado mixto α, β, γ como 559 84, véase más abajo
559 84	Preparado mixto α, β, γ, contiene
	Cs-137, 330 kBq
	Am-241, 4,4 kBq
	Sr-90, 4,4 kBq

Para continuar con los ensayos diríjase a la lista de ensayos

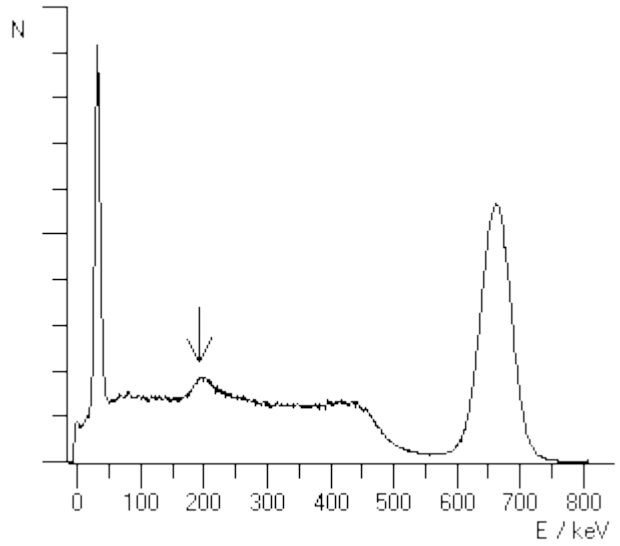
Cesio-137

El Cesio-137 es un isótopo radioactivo obtenido artificialmente con un periodo de semidesintegración de 32 años. Decae mediante un decaimiento β en Ba-137. De estos decaimientos el 94,6 % se produce a través de un estado excitado metaestable del bario, Ba-137 m, el cual emite un cuanto γ de 661,6 keV con un periodo de semidesintegración de 156 s pasando con ello al estado fundamental. El restante 5,4 % pasa directamente al estado fundamental del bario. Los electrones emitidos poseen una energía máxima de 513,97 keV y 1175,6 keV.

El bario metaestable no sólo puede entregar su energía en forma de un cuanto γ con 661,6 keV, sino en otros casos puede transferirla a un electrón de la órbita 1s de su capa atómica ("Conversión interna"). Los electrones presentan una energía de 625,67 keV, de acuerdo a la energía de excitación del bario menos la energía de enlace del electrón. Contrariamente al decaimiento beta, en el caso de conversión no se obtiene un espectro continuo de la energía de los electrones, ya que no hay una tercera partícula participando. El hueco en la capa 1s es llenado por electrones de las capas superiores, en donde la energía se entrega como radiación X característica del bario, en particular como la línea K_α en 32,19 keV.

Debido a la línea γ monoenergética en 661,6 keV este isótopo es bastante apropiado para el estudio del efecto Compton y para la calibración de energía.

Según la envoltura del preparado la línea de conversión K_α en 32,19 keV puede ser vista y utilizada para la calibración. El generador del isótopo Cs/Ba-137 (559 815) contiene Cs-137 como una sal, de la cual se puede lavar el Ba-137 m. Debido al peso reducido de la caja de plástico envolvente, la fuente muestra una clara línea en 32,19 keV, incluso sin el lavado, y también un pico de retrodispersión muy débil en 184 keV. Por el contrario el preparado mixto 559 84 muestra un claro pico de retrodispersión debido al contenedor de aluminio y ninguna línea de conversión K_α. Adicionalmente se tiene Am-241, cuya línea 59,54 keV igualmente puede ser usada para la calibración.



Espectro γ del Cs-137, preparado con baja retrodispersión con línea K_α

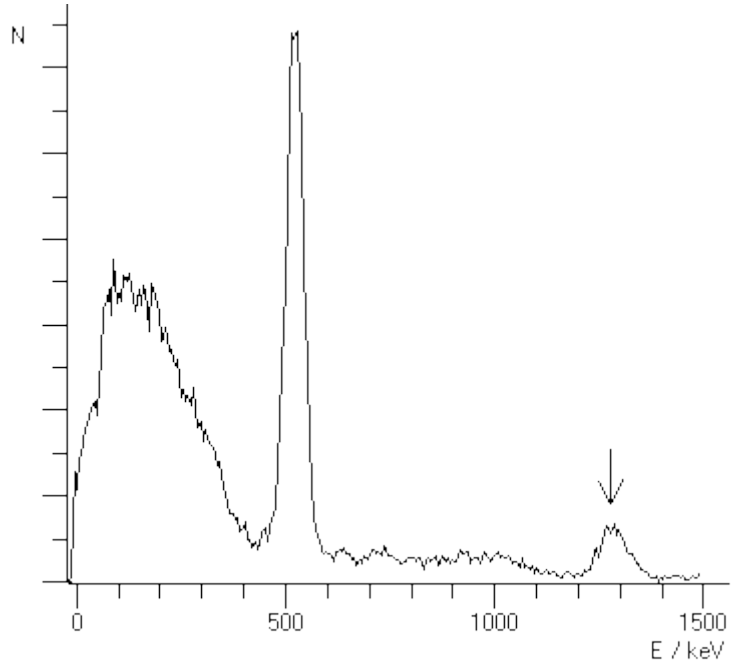
Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Sodio-22

El sodio-22 es un isótopo obtenido artificialmente con un periodo de semidesintegración de 2,6 años. Éste decae por emisión de un positrón (decaimiento β^+) hacia el Neón-22 estable. Un porcentaje bastante pequeño (0,06%) de los decaimientos conduce directamente hacia el estado fundamental del neón. El resto pasa a un estado excitado del neón, una parte mediante captura electrónica (9,5%) en las capas atómicas internas, y la otra gran parte a través de la emisión de positrones. El estado excitado del neón pasa al estado fundamental con emisión de una cuanto γ de 1275 keV. La vida media de este estado excitado del neón es de sólo unos 3,7 ps.

Los positrones emitidos reaccionan con los electrones de la materia circundante y suministran una radiación de aniquilación característica en 511 keV. Debido a la conservación de la cantidad de movimiento en la aniquilación de pares de positrones y electrones se crean dos cuantos γ, que son irradiados en direcciones opuestas.

Debido al pequeño retraso temporal entre la línea de 1275 keV y la irradiación de aniquilación, aparece también en el espectro una línea en 1275 + 511 = 1786 keV durante la absorción simultánea de los dos cuantos γ.



Espectro γ del Na-22

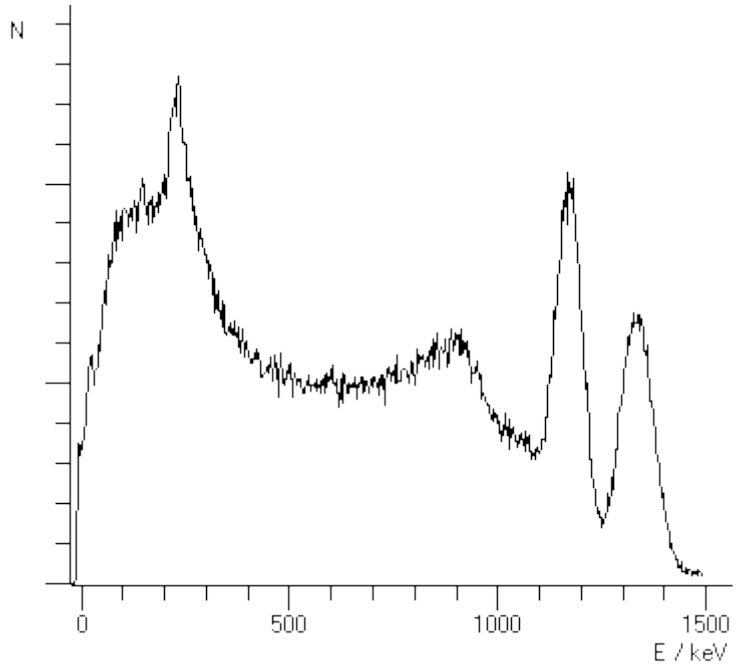
Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Cobalto-60

El Cobalto-60 es un isótopo obtenido artificialmente con un periodo de semidesintegración de 5,27 años. Éste decae por emisión de un electrón con máximo 318 keV (decaimiento β) hacia un estado excitado del Níquel-60 estable. Este pasa a otro estado excitado al emitir un cuanto γ de 1173 keV, el cual pasa al estado fundamental al emitir un cuanto γ de 1333 keV.

La envoltura del preparado utilizado absorbe las partículas β y por ello sólo los cuantos γ son observables.

En la espectroscopia γ se utiliza un contador de centelleo observándose que el borde Compton de la línea más energética en 1333 keV posee una energía de 1119 keV y con ello se encuentra en el flanco menos energético de la segunda línea γ en 1173 keV y distorsiona su forma.

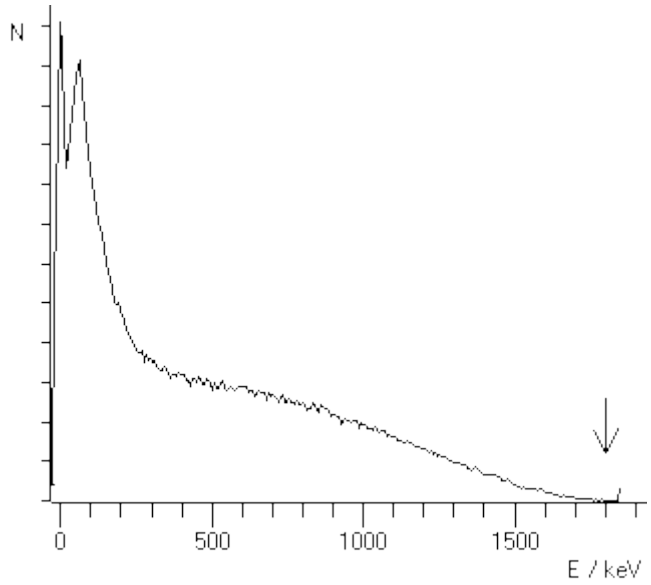


Espectro γ del Co-60

Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Estroncio-90

El Estroncio-90 es un isótopo obtenido artificialmente con un periodo de semidesintegración de 28,5 años. Éste decae por emisión de un electrón con máximo de 546 keV (decaimiento β) en Itrio-90. Este decae con un periodo de semidesintegración de 64,1 horas por decaimiento β con una energía máxima de 2274 keV hacia el Zirconio-90.



Espectro β del Sr-90 registrado con el contador de centelleo.

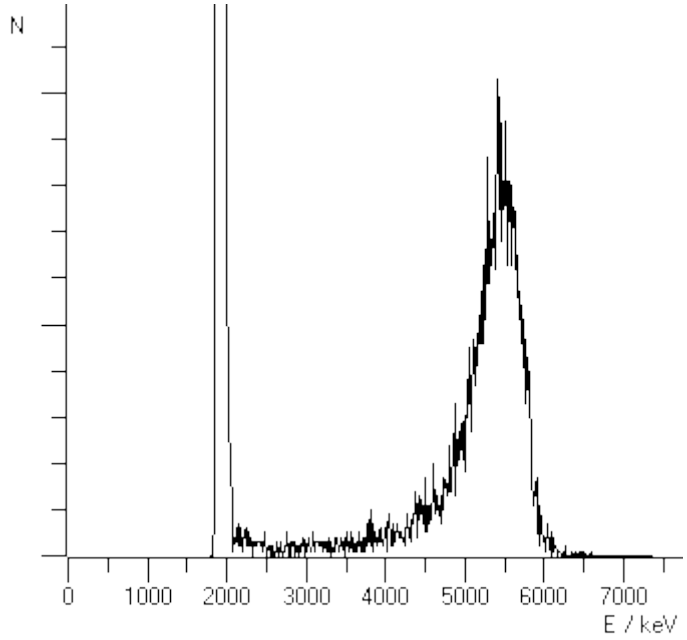
Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Americio-241

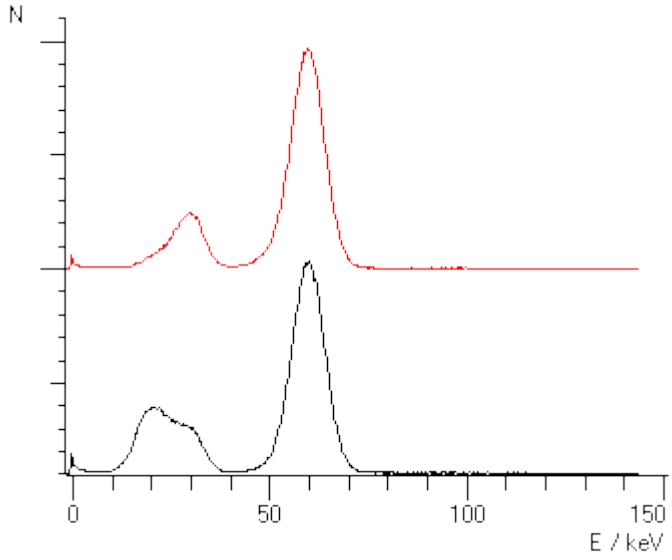
El Americio-241 es un isótopo obtenido artificialmente con un periodo de semidesintegración de 433 años. Éste decae por emisión de una partícula α con aproximadamente 5500 keV hacia estados excitados del Neptunio-237. El decaimiento puede producirse en diferentes estados excitados, las líneas individuales en 5388, 5443, 5486, 5511 y 5545 keV no se pueden ver separadas en este montaje del experimento. Dos de estas líneas dominan el espectro medido debido a sus intensidades: la línea en 5486 keV que posee la mayor intensidad, en donde se emite el 84 % de todos los decaimientos y la línea en 5443 keV que es emitida en 13 % de todos los decaimientos. El 3% restante se distribuye entre las otras tres líneas.

Con la cubierta necesaria del preparado las partículas α pierden energía antes de llegar al detector. Una partícula α hipotética de aprox. 1,5 MeV alcanzaría justo al detector, pero allí solo produciría un pulso eléctrico mínimo. En una calibración de las líneas, medidas con los valores de la literatura, se obtiene así un offset de energía en el espectro. El espectro medido se inicia recién en aprox. 1,5 MeV.

Uno de los estados excitados del Neptunio-237 decae emitiendo un cuanto γ de 59,54 keV hacia el estado fundamental.



Espectro α del Am-241



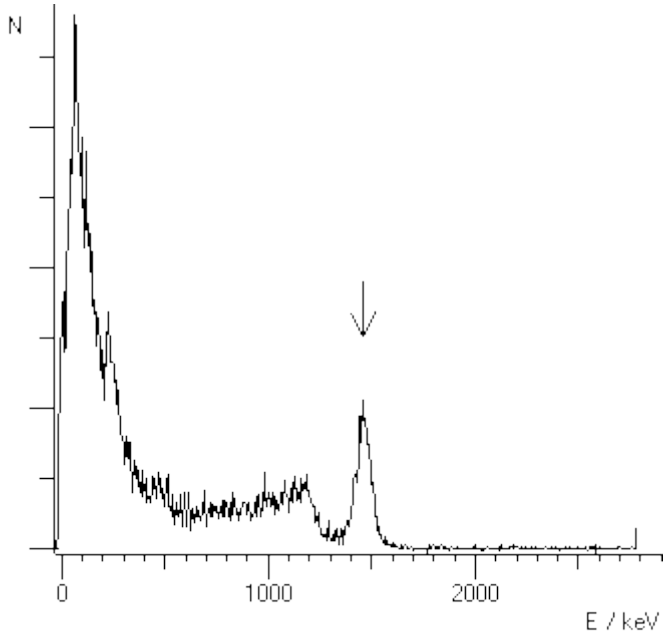
Espectro γ del Am-241, curva superior: emisión lateral del preparado, con la pared del preparado como filtro, curva inferior: emisión del preparado proveniente del taladro.

En el espectro gamma se reconoce, además de la emisión del Np-237 en 59,54 keV, otras líneas. Aquí se puede tratar de la línea L del neptunio (17 keV) y la línea Escape Kα del iodo (26,3 keV).

Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Potasio-40

El potasio natural está compuesto del isótopo radioactivo K-40 en 0,012% con un periodo de semidesintegración de 1,27 mil millones de años. Éste decae al 90 % a través de una transición β- hacia el estado fundamental del Ca-40, 10 % decae mediante emisiones β^+ o captura electrónica hacia un estado excitado del Ar-40. Al pasar hacia el estado fundamental éste emite un cuanto gamma de 1460,81 keV.



Espectro γ del K-40

La actividad del potasio natural es de 32 Becquerel por gramo de potasio metálico, 17 Becquerel para un gramo de KCl ó 9 Becquerel por gramo de sulfato de potasio KSO_4.

Retornar a la lista de fuentes radioactivas

Radio-226

Radio puede encontrarse en la naturaleza, éste posee un periodo de semidesintegración de 1600 años y se forma directamente de la desintegración del Uranio-238 en la cascada de desintegración 4n+2.

Debido a su parentesco químico con el bario y el calcio el radio puede encontrarse enriquecido en por. ej. la nuez de Brasil, de tal forma que las cenizas de la nuez de Brasil contiene radio. El contenido fluctúa según el lugar de sembrío y se encuentra en el orden de 10 Picogramos de radio por gramos de ceniza.

El Radio-226 puro es un emisor α y los otros productos de la desintegración también son preponderantemente emisores α, pero también emisores β y γ surgen en otros decaimientos. Véase los detalles de la desintegración más adelante.

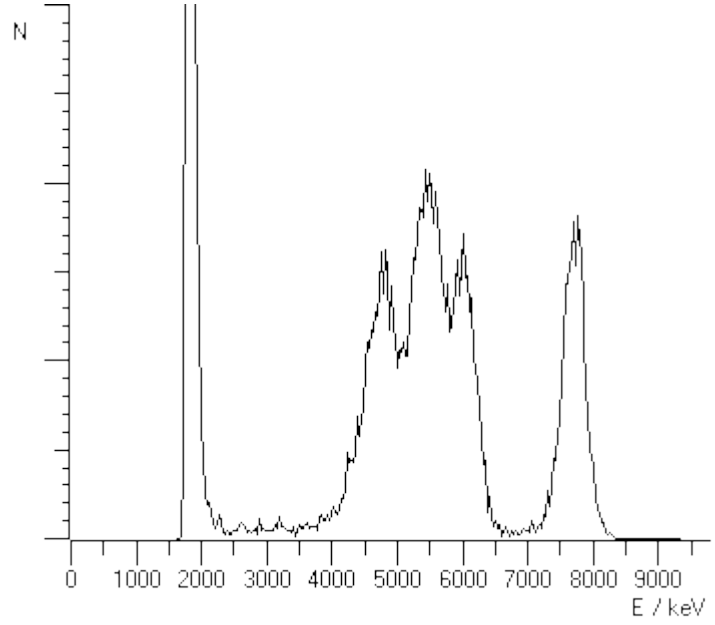
En la elaboración del preparado se utiliza radio puro. En el transcurso del tiempo se enriquece el isótopo de la cadena de desintegración en la muestra, hasta alcanzar el equilibrio. Los primeros elementos de la cadena de desintegración tienen periodos de semidesintegración cortos, de tal forma que este equilibrio es alcanzado rápidamente. El isótopo Plomo-210 tiene por el contrario un periodo de semidesintegración de 22,3 años. Aquí el periodo del equilibrio dura de acuerdo a ello mucho más

tiempo, de tal forma que la actividad de las siguientes desintegraciones (por. ej. Polonio-210) puede ser utilizada para determinar la edad de la fuente.

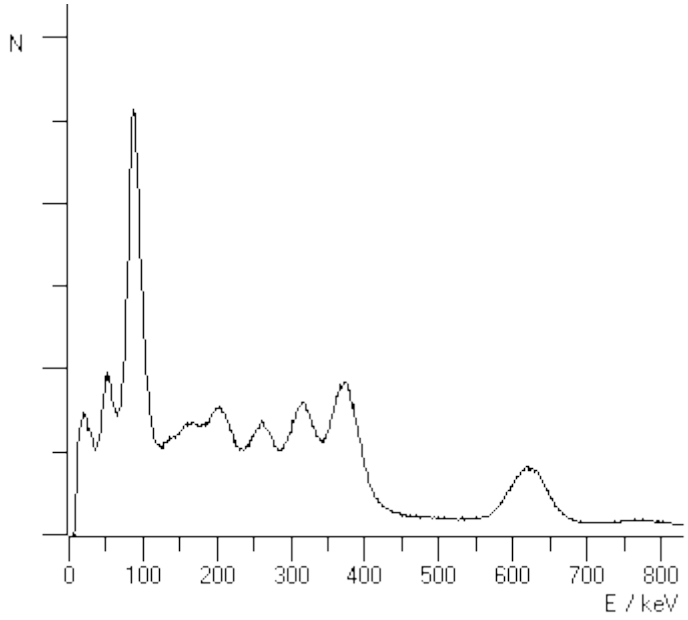
El **espectro** α muestra en la composición indicada cinco líneas en el rango de energía alrededor de 6 MeV. La incertidumbre de la energía, debida a la envoltura del preparado, no permite resolver claramente las líneas del Po-210 y Rn-222.

Energía	**Fuente**
4784 keV	Ra-226
5304 keV	Po-210
5489 keV	Rn-222
6002 keV	Po-218
7687 keV	Po-214

Con la cubierta adecuada del preparado las partículas α ya pierden energía delante del detector. Una partícula α hipotética de aprox. 2 MeV alcanzaría justo al detector, pero sólo podría producir un pulso eléctrico mínimo. En la calibración de las líneas medidas con los datos de la bibliografía se obtiene con ello un offset de energía en el espectro. El espectro medido empieza inicialmente cerca de aprox. 2 MeV.



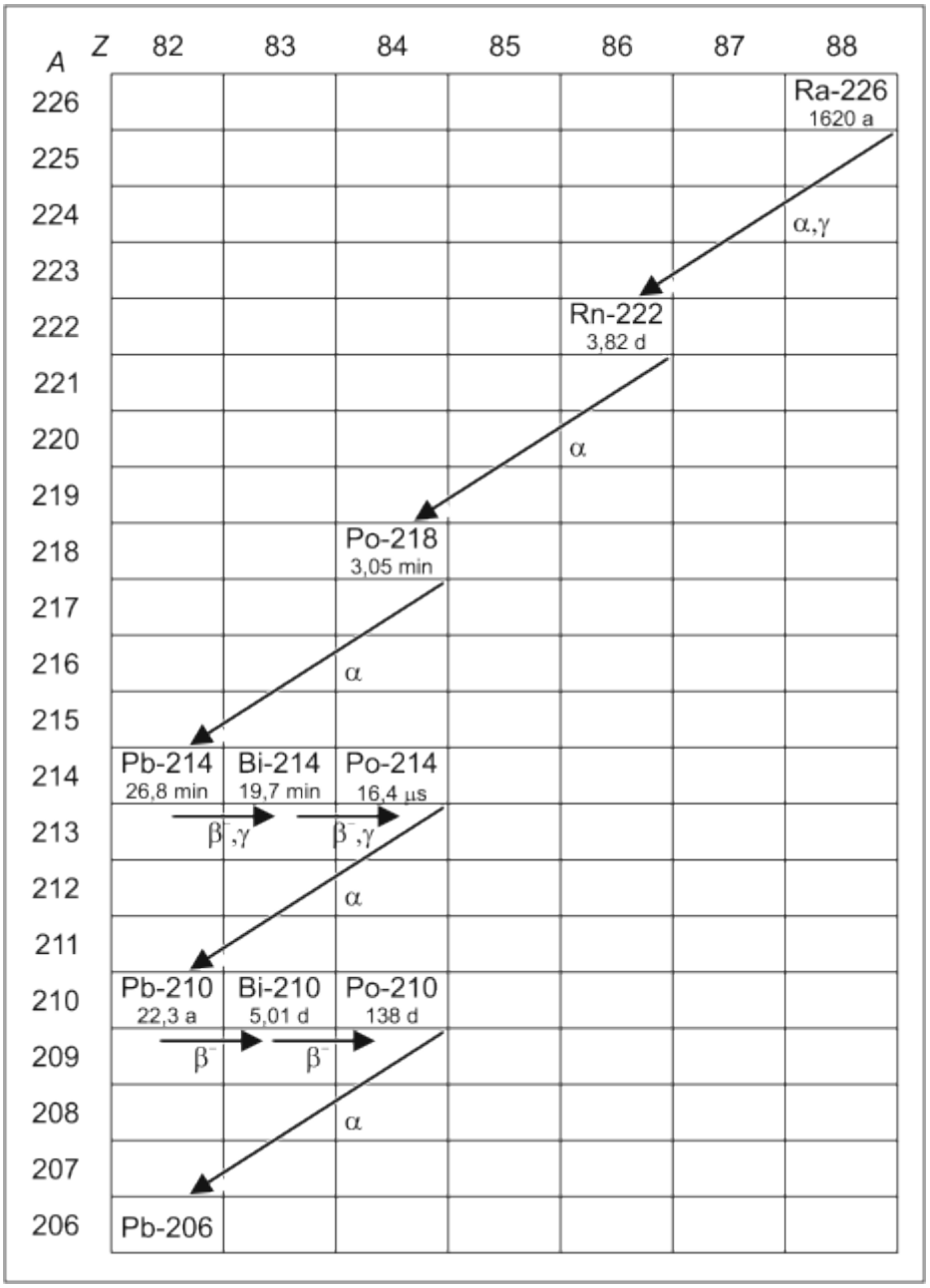
El **espectro** γ de una fuente de radio muestra muchas líneas que provienen de los diferentes isótopos de la cadena de desintegración. Directamente de la desintegración del Radio-226 proviene la línea de 186 keV a partir del estado excitado del Radón-222. Los estados excitados del Bi-214 suministran cuatro líneas en 352 keV, 295 keV, 242 keV y 53 keV. El estado excitado del Po-214 produce una línea en 609 keV. La línea intensa en aprox. 80 keV es una superposición de líneas de conversión interna K_α, probablemente del Bi-214 (77,1 keV) y Po-214 (79,3 keV). En una evaluación más precisa se muestra todavía una débil línea en aprox. 90 keV, que puede ser asignada a la línea K_β respectiva, pero también a la línea K_α del radio después de la ionización debido a la radiación α.



Retornar a la lista de fuentes radioactivas

La cadena de desintegración del radio 226

Retornar



88-Ra-226

Radio-226
Periodo de semidesintegración: 1600 años
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Rn-222
Energía de desintegración: 4,871 MeV
También es posible una radiación γ del Rn-222 en 186 keV

86-Rn-222

Radón-222, gas noble
Periodo de semidesintegración: 3,8235 días
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Po-218
Energía de desintegración: 5,590 MeV

84-Po-218

Polonio-218
(Po-218 históricamente llamado también Radio A)
Periodo de semidesintegración: 3,10 minutos
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Pb-214
Probabilidad: 99,98 %
Energía de desintegración: 6,115 MeV

Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del At-218
Probabilidad: 0,02 %
Energía de desintegración: 0,265 MeV

85-At-218

Astatio-218
Periodo de semidesintegración: 1,5 segundos
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Bi-214
Probabilidad: 99,90 %
Energía de desintegración: 6,874 MeV

Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Rn-218
Probabilidad: 0,1 %
Energía de desintegración: 2,883 MeV

86-Rn-218

Radón-218
Periodo de semidesintegración: 35 milisegundos
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Po-214
Energía de desintegración: 7,263 MeV

82-Pb-214

Plomo-214
(Pb-214 históricamente llamado también Radio B)
Periodo de semidesintegración: 26,8 minutos
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Bi-214
Energía de desintegración: 1,024 MeV
También es posible radiación γ del Bi-214 en 352 keV, 295 keV, 242 keV, 53 keV

83-Bi-214

Bismuto-214
(Bi-214 históricamente llamado también Radio C)
Periodo de semidesintegración: 19,9 minutos
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Po-214
Probabilidad: 99,98 %
Energía de desintegración: 3,272 MeV
También es posible radiación γ del Po-214 en 609 keV

Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Tl-210
Probabilidad: 0,02 %
Energía de desintegración: 5,617 MeV

84-Po-214

Polonio-214
(Po-214 históricamente llamado también Radio C')
Periodo de semidesintegración: 164,3 µs
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Pb-210
Energía de desintegración: 7,833 MeV

81-Tl-210

Talio-210
(Tl-210 históricamente llamado también Radio C‘‘)
Periodo de semidesintegración: 1,3 minutos
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Pb-210
Energía de desintegración: 5,484 MeV

82-Pb-210

Plomo-210
(Pb-210 históricamente llamado también Radio D)
Periodo de semidesintegración: 22,3 años
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Bi-210
Energía de desintegración: 0,064 MeV

Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Hg-206
Probabilidad: $1{,}9^{-6}$ %
Energía de desintegración: 3,792 MeV

83-Bi-210

Bismuto-210
(Bi-210 históricamente llamado también Radio E)
Periodo de semidesintegración: 5,013 días
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Po-210
Energía de desintegración: 1,163 MeV

Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Tl-206
Probabilidad: 0,00013 %
Energía de desintegración: 5,037 MeV

84-Po-210

Polonio-210
(Po-210 históricamente llamado también Radio F)
Periodo de semidesintegración: 138,376 días
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Pb-206
Energía de desintegración: 5,407 MeV

82-Pb-206

Plomo-206
(Pb-206 históricamente llamado también Radio G)
Pb-206 es el producto final de la cadena de decaimiento del U238, es estable.

Los datos provienen de la base de datos NUDAT, véase:

R.R.Kinsey, et al., *The NUDAT/PCNUDAT Program for Nuclear Data*, paper submitted to the 9 th International Symposium of Capture-Gamma_ray Spectroscopy and Related Topics, Budapest, Hungary, Octover 1996. Data extracted from NUDAT database (Dec.18, 1997).

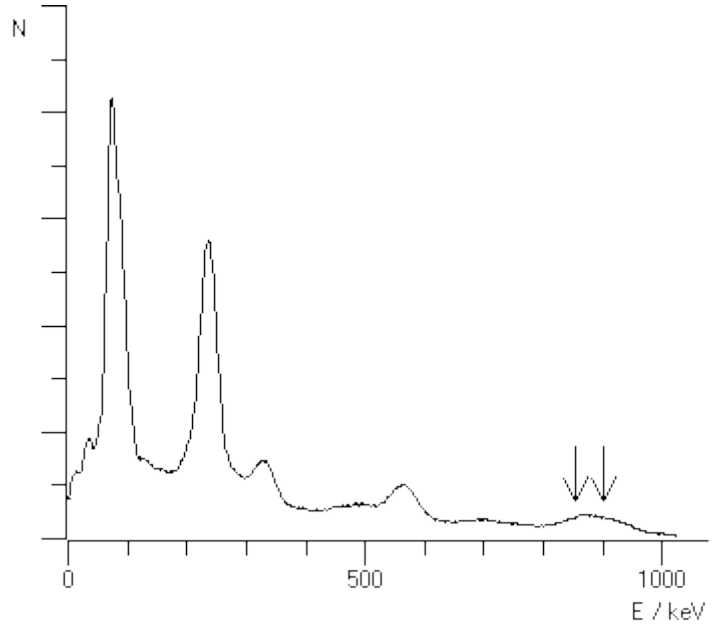
Retornar

Torio-232

El torio se encuentra en la naturaleza, se presenta principalmente en el mineral monacita, un fosfato complejo del torio, uranio, cerio y lantanidos. Con un periodo de semidesintegración de 14 mil millones de años es el isótopo inicial de la cascada de desintegración. Details de la serie de desintegración 4n+0.

El torio se encuentra parcialmente todavía en las camisetas de alumbrado (Camisetas Auer), que se utilizan en las lámparas de gas de campamento. Camisetas de alumbrado no quemadas son apropiadas para el registro de espectros γ complejos de torio y sus productos de desintegración. Incluso en una lámpara que funciona con estas camisetas se encuentran restos quebradizos que se desintegran rápidamente en polvo radioactivo, lo cual dificulta mucho su manipulación. Según el procedimiento de elaboración en las camisetas no usadas, frescas, se presenta el isótopo del torio: Th-232 y Th-228. Los elementos restantes de la cadena de desintegración se forman con el transcurso del tiempo. A causa de los dos isótopos no se producen exponencialmente los productos de desintegración por debajo del Th-228. De acuerdo al periodo de semidesintegración del Torio-228 de aprox. 2 años y un periodo de semidesintegración del Radio-228 de casi 6 años se obtiene una evolución compleja de las intensidades.

El óxido de torio es responsable del alto rendimiento lumínico, ya que no es un radiador negro, sino que emite muy poca radiación térmica infrarroja y por ello emite mucho mayor luz visible (emisor selectivo). La radioactividad del torio no es relevante para la ganancia lumínica. Pero debido al problema de la radioactividad ahora se producen nuevas camisetas de alumbrado a partir del óxido de itrio, que no es radioactivo, pero que ilumina un poco menos.



Espectro γ de una fuente de torio de 15 años de edad.

En el espectro γ del torio se encuentra líneas de diferentes isótopos de la cadena de desintegración. Claramente visible son las siguientes líneas, cada una de los estados excitados de un núcleo después de una desintegración β.

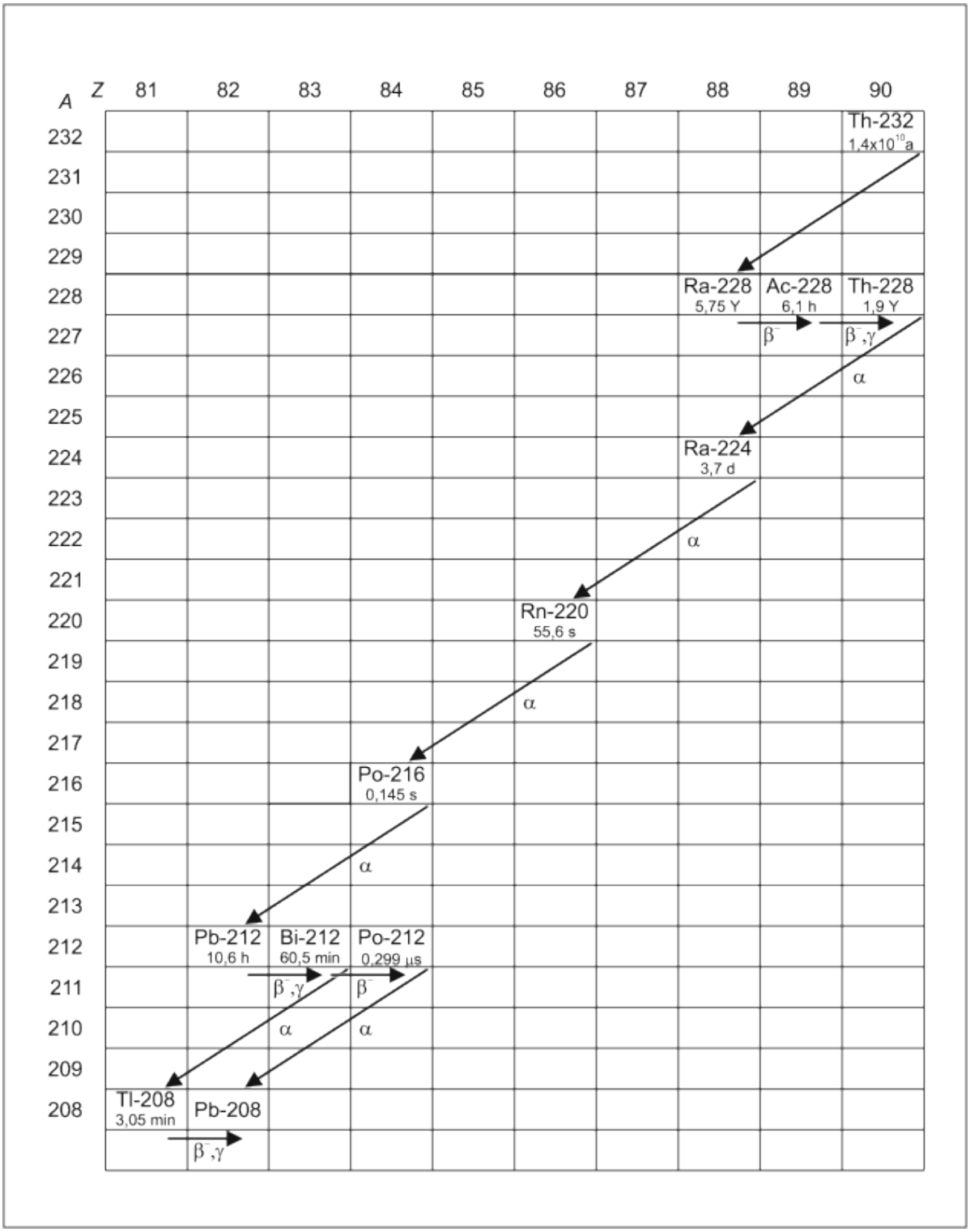
Th-228*: 338,32 keV, 911,204 keV
Bi-212*: 238,632 keV
Pb-208*: 583,191 keV, 860,564 keV

Además se presenta una superposición de líneas K_α en el rango de 80 a 90 keV. En contraposición al caso del radio aquí se reconoce una superposición de por lo menos dos líneas, ya que además de la componente en 80 keV, se presenta una en 90 keV. Como la excitación nuclear ocurre a través de conversión interna en competencia a la emisión γ, los isótopos emisores γ son buenos candidatos para las emisiones K_α. Las energías se encuentran en 74,96 keV (Pb-208), 77,1 keV (Bi-212) y 93,3 keV (Th-228).

Retornar a la lista de fuentes radioactivas

La cadena de decaimiento del torio-232

Retornar



Las energías de los electrones emitidos después de decaimiento β no están listadas.

90-Th-232

Torio-232
Periodo de semidesintegración: 14 mil millones de años
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Ra-228

E_α (keV)	I_α (%)
3947,2	21,7
4012,3	78,2

88-Ra-228

Radio-228
Periodo de semidesintegración: 5,75 años
históricamente llamado también Mesotorio 1
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Ac-228

89-Ac-228

Actinio-228
Periodo de semidesintegración: 6,15 horas
históricamente llamado también Mesotorio 2
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Th-228

E_γ (keV)	I_γ (%)
338,320	11,27
911,204	25,8

90-Th-228

Torio-228
Periodo de semidesintegración: 1,9 años
históricamente llamado también Radiotorio
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Ra-224

E_α (keV)	I_α (%)
5340,36	27,2
5423,15	72,2

88-Ra-224

Radio-224
Periodo de semidesintegración: 3,7 días
históricamente llamado también Torio X
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Rn-220

E_α (keV)	I_α (%)
5448,6	5,06
5685,37	94,92

86-Rn-220

Radón-220, gas noble
Periodo de semidesintegración: 55,6 segundos
históricamente llamado también Torón
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Po-216

E_α (keV)	I_α (%)
6288,08	99,886

84-Po-216

Polonio-216
Periodo de semidesintegración: 0,145 s
históricamente llamado también Torio A
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Pb-212

E_α (keV)	I_α (%)
6778,3	99,9981

82-Pb-212

Plomo-212
Periodo de semidesintegración: 10,64 horas
históricamente llamado también Torio B
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Bi-212

E_γ (keV)	I_γ (%)
238,632	43,3

83-Bi-212

Bismuto-212
Periodo de semidesintegración: 60,55 minutos
históricamente llamado también Torio C
Tipo de desintegración:64 % beta hacia el núcleo del Po-212
36 % alfa hacia el núcleo del Tl-208

E_α (keV)	I_α (%)
6050,78	70
6089,88	27

84-Po-212

Polonio-212
Periodo de semidesintegración: 0,299 µs
históricamente llamado también Torio C'
Tipo de desintegración: alfa hacia el núcleo del Pb-208

E_α (keV)	I_α (%)
8784,37	100

81-Tl-208

Talio-208
Periodo de semidesintegración: 3,05 minutos
históricamente llamado también Torio C''
Tipo de desintegración: beta hacia el núcleo del Pb-208

E_γ (keV)	I_γ (%)
510,77	22,6
583,191	84,5
2614,533	99

82-Pb-208

Plomo-208
Estable

Cascadas de desintegración

La desintegración de elementos radioactivos naturales sucede preponderantemente a través de desintegraciones α y β, surgen estados nucleares excitados que ocasionalmente también emiten radiación γ. La masa de los núcleos cambia en una desintegración α en cuatro masas de nucleones, y sólo muy poco para desintegraciones β y γ. En este tipo de desintegraciones un núcleo cambia su masa sólo en un múltiplo de 4 masas nucleónicas. Todos los núcleos naturales radioactivos pueden ser ordenados en una de estas cuatro cascadas de desintegración debido a su número de masa. Cada una de estas contiene los núcleos con los números de masa 4n, 4n+1, 4n+2 ó 4n+3. Cada serie contiene un isótopo inicial de larga vida. Cuando los precursores ejecutan la primera desintegración, siguen las otras desintegraciones de este núcleo hasta el punto final estable relativamente rápido.

Masa	**Ejemplos**
4n+0	Th-232, Ra-228, Ra-224, Pb-208
4n+1	Np-237, U-233, Bi-209
4n+2	U-238, Ra-226, Pb-206
4n+3	U-235, Ra-223, Pb-207

Las cascadas 4n+1 casi no se encuentra en la naturaleza, ya que el isótopo Np-237 sólo posee un periodo de semidesintegración de 2 millones de años. Desde el surgimiento de la tierra éste ya se ha desintegrado completamente. Los isótopos precursores de las otras tres series poseen periodos de semidesintegración en el rango de mil millones de años.

Los núcleos atómicos pueden desintegrarse de otra forma como por decaimiento α y β, por ejemplo al amortiguar neutrones o en la fisión nuclear espontánea, de tal forma que aquí es posible un cambio entre los grupos 4n+x, esta vía de desintegración se presenta muy rara veces en los núcleos naturales, así la desintegración del Uranio-235 ocurre en un núcleo de 14 mil millones en una fisión nuclear espontánea, el resto decae mediante desintegración α.

Indice de palabras de referencia

A

Absorción 293, 296, 304, 439
Ácido acético 344, 369, 431
Ácido clorhídrico 362, 387, 398
Ácido débil 369, 372
Acido fosfórico 348
Ácido fuerte 362
Ácido polivalente 348
Acústica 154, 156, 172, 174
Adición 23
Adjuntar 13
Agua de cristalización 411
Aire 147, 158, 161
Ajuste 19
Ajuste con función exponencial 19
Ajuste con hipérbola 19
Ajuste con parábola 19
Ajuste con recta 19
Ajustes 24, 25, 26, 27, 28, 37, 44, 45, 48, 51, 52, 53
Alcance 293
alfa 291
Alimentos 337
Aluminio 304
AMC 488
Americio 291, 499
Amontons 421
Amplitud 124
Análisis de armónicos 168, 170
Análisis de Fourier 168
Análisis de frecuencias 170
Análisis del sonido 172
Análisis termodiferencial 411
Analizador monocanal 319
Analizador multicanal de alturas de pulsos 488
Ancho de línea 17
ASCII 68
Asignación de columnas 16, 26
Asignación de ejes 17, 26
Atenuación 304
Automóvil 465, 467

B

Balanza 68, 387, 398
Barras 18
Barrera luminosa 91, 93
Base débil 372
Base fuerte 362, 369
Biología 447
Borrar 14, 16, 22
Botones rápidos 9
Boyle-Mariotte 421
Brazo giratorio 114
Buffer 348
Bureta con motor 372
Bus CAN 467

C

C/C++ 8
Cadena de desintegración 298, 507
Cadena del radio 503
Caída libre 106, 108
Calibración 18
Calibración de energía 302
Calibrar 44
Calor 176, 179
Calorimetría 417
Camiseta de alumbrado 314
Campo magnético 189, 192, 201
Cantidad de movimiento 102, 104
Capacitancias de cables 215
Características 242
Carga 211, 213, 215
Carga elemental 263
Cascadas 510
Cascadas de desintegración 510
CASSY 24
CASSY Lab 9
CASSY-Display 54, 462
Catálisis 389
CE2 436
Célula solar 242
Centro del pico 20
Cesio 495
CFC 441
Choque 112
Choques 99, 102, 104
Cinética 389, 398, 402, 406
Cinética de reacción 394
Circuito oscilatorio amortiguado 217, 219
Circuitos oscilatorios acoplados 221
Clima 462
Clorofila 385
Cloruro de sodio 427
CO2 444
Cobalto 497
Código de desbloqueo 9
Coincidencia 316
Comentario 28
Compton 310, 491, 492
Concentración 365
Condensador 211, 213, 215
Condición de medición 13
Conducción 321
Conducción de microondas 476
Conductividad 369, 372, 389, 394, 402, 406, 424, 431
Conductividad equivalente 427
Conductividad límite 427, 431
Conexión en paralelo de resistencias 80
Conexión en serie de resistencias 78
Conservación de la cantidad de movimiento 99

Conservación del impulso 99
Conservación del momentum angular 112
Constante 25
Constante de disociación 431
Contador de centelleo 487
Contador de semiconductor 488
Control 244, 246, 248
Controlador de dos estados 244
Controlador PI 244, 246, 248
Conversión 489
Coordenadas 17
Copiar 16, 22
Corregir 44
Correlación angular 316
Crioscopia 358
Cromatografía de gases 379, 381, 383
Cuadrícula 18
Cuantificación 469
Cuentagotas 375
Curva característica 236, 237
Curva de fusión 352, 355
Curvas características 240
Curvas de Gauss 23
Curvas gaussianas 21

D

Data Logger 70
Datos técnicos 36, 47, 50, 56, 59, 63, 65, 67
Definición del amperio 195
Definición del Newton 95
Delphi 8
Dependencia del ángulo 310
Derivación 25
Descarga 211, 213, 215
Descomposición de la urea 389
Detector 487
Detergentes 340
Determinación de la edad 298
Determinación de la masa molar 358
Diagrama pV 183
Diástole 21
Diferencia 19
Difracción 251, 254
Diodo 237, 488
Disminución del punto de congelamiento 358
Dispositivos seriales 68, 69, 70
Distancia 19, 86
Distribución de Gauss 20
Distribución de Poisson 20, 287
Divisor de tensión 82, 84

E

ECG 452
Ecuación de movimiento 97, 110
Ecuaciones diferenciales 27
Efecto Compton 283, 310, 491, 492
Efecto invernadero 444
Ejes 18
Electrocardiograma 452
Electromiograma 455
EMG 455
Energía 18, 99, 112
Energía, eléctrica 179
Energía, mecánica 176
Energía, térmica 176, 179
Entalpía 411
Entalpía de fusión 417
Entrada 44
Entrada analógica 51
Entrada de sensor 37, 38, 44
Entradas digitales 53
Envolvente 19
Enzima 389
Escalera g 106, 108
Escape 492
Espectro 300, 385
Espectro beta 308
Espectro gamma 302, 312
Espirometría 460
Éster etilacético 402, 406
Estroncio 498
Evaluaciones 17

F

Factor de forma 20
Faraday 198, 201
FFT 25, 150, 152, 169, 170
Filtro 227, 230, 233
Física 88
Fluorescencia de rayos X 272, 275, 326, 329, 490
Fondo 23
Fórmula 13, 25, 30, 34
Fotómetro 69, 385
Fotómetro espectral digital 69
Fourier Transformation 25
Franck-Hertz 266, 269
Frecuencia de oscilación de una cuerda 156
Fricción 138, 141, 144, 147, 176
Fuente de tensión 45
Fuentes 493
Fuerza 186, 189, 192, 195
Fuerza centrífuga 114, 116
Fuerza tensora 156
Fusión 355

G

Gas 163
Gaussianas 21
Gay-Lussac 421
Generación del modelo 27, 108, 122, 135, 138, 141, 144, 147, 213, 219, 225, 230, 233
Generador de funciones 48, 52
General 28
Grado de disociación 431
Grasa 141
Guía de ondas 476
Guía de placas paralelas 473

H

Hidrólisis 389, 394, 402, 406
Hierro de un transformador 323
Histéresis 323
Histograma 25

I

I2C 465
Idioma 28
Iluminación 246
Inducción 198, 201
Instalación 7
Instrumento múltiple para mediciones en Física 64, 65
Instrumento múltiple para mediciones en Química 66, 67
Integral 20, 25
Integral de un pico 20
Interacción 489
Intervalo de tiempo 13
IR 444
IRPD 68

J

Jouliómetro y vatímetro 61, 63

K

Kohlrausch 427, 431

L

LabVIEW 8
Lámpara incandescente 236
Ley de Coulomb 186
Ley de la distancia 257
Ley de Moseley 272, 275
Ley de Ohm 76, 78, 80
Leyes de los gases 421
Libre ajuste 19
Línea de tabla 16
Línea horizontal 19
Línea vertical 19
Líneas 18, 493
Líquido 144, 147
Logger de datos 54, 70
Lubricante 141
Luz 257

M

Mach 128
Magnitudes de medición 38
Marcas 19
Mármol 387, 398
Masa 387
Materia 489
MCA 488
Mechero de Bunsen 334
Medición 13, 15
Medición de pH 337, 340
Medidor de temperatura 69
Medidores portátiles 70
Mercurio 266
Método térmico de separación 436
MetraHit 69
Mezcla fría 415
MFA 2001 68
Millikan 263
Mobile-CASSY 58, 59, 60
Modos TE 473
Modos TEM 473
Modulación 469
Motor de aire caliente 183
Movimiento 74
Movimientos 91, 93, 95, 97, 110
Multigráfica 13

N

NaH2PO4 372
Neón 269
Newton 97, 110
NH3 372

O

Ondulación 21
Óptica ondulatoria 251, 254
Orden de la reacción 389, 394, 398, 402
Ordenador de a bordo 465
Oscilación 120, 122, 124, 126, 128, 131, 135, 138, 141, 144, 147, 150, 152, 217, 219, 221, 223, 225
Oscilaciones 118
Oscilaciones de una cuerda 156
Oscilador Gunn 471
Ostwald 431
Ozono 441

P

Parámetro 25
Parámetros de activación 406
Pasabanda 227
Paso alto 227, 233
Paso bajo 227, 230
PCM 469
Péndulo 118, 120, 122, 124, 126, 128, 131, 133, 135, 138, 141, 144, 147, 152
Péndulo g 128
Péndulo reversible 126
Péndulos 150
Péndulos acoplados 150, 152
Pérdida de energía 296
Pérdida de energía en la materia 308
Periodo 133
pH 365, 369, 372
Plataforma giratoria para antena 70

Plomo 304
Pocket-CASSY 55, 56, 57
Portapapeles 16, 22
Potasio 500
Potasio-40 306
Potencia 207, 209, 242
Potenciómetro 82, 84
Power-CASSY 46, 47, 48
Preparado mixto 300
Presión 421
Presión de aire 293
Presión sanguínea 456
Producto radioactivo 298
Profi-CASSY 49, 50, 51, 52, 53
Protección contra el sol 439
Puente de Wheatstone 84
Puerto 28
Pulsaciones 154
Pulso 448
Punto de equivalencia 21
Punto de fusión 352
Punto de solidificación 352, 355

Q

Química 333

R

Radiación X característica 490
Radio 312, 465, 500
Radioactividad del ambiente 306
Radón 289
Rayos X 279, 283, 490
Razón de onda estacionaria 476
Rectificación 436
Reducción del punto de congelación 415
Reflexión de Bragg 279
Registro automático 13
Registro manual 13
Reglas 18
Relé 45
Representación 26
Resistencia 321
Resistencia de la piel 450
Resonancia 223, 225
ROE 476
Rozamiento 138, 141, 144, 147
Rueda de radios 95

S

Salida 45
Salida analógica 52
Salida analógica Y 53
Salidas digitales 53
Sensor-CASSY 35, 36, 37, 38, 44, 45
Separación de alcanos del gas del encendedor de bolsillo 379
Separación de alcoholes 381
Separación de sustancias 436
Separación del aire 383
Serie de medición 16
Servomandos 485
Servomecanismos 485
Sintaxis 30
Síntesis del sonido 174
Sístole 21
Sobreenfriamiento 355
Soda cáustica 362, 369
Sodio 496
Software 8
Sólido 138
Sólidos 166, 321
STM (Módulos de enseñanza de las ciencias) 73
Substracción 23

T

Tabla 16
Tamaño de letra 16
Tampón 348
Tasa de conteo (Unidad MCA) 23
Técnica 464
Tecnología de antenas 479
Tecnología de microondas 471
Tecnología del automóvil 465
Temperatura 244, 334, 352, 421
Tensión 248
Tensión alterna de red 209
Texto 19
Tiempo de medición 13, 15
Tiempo de reacción 458
Titulación 362, 365, 369, 372, 375
Titulación automática 372, 375
Torio 314, 506, 507
Trabajo de la fricción 176
Transformación de Fourier 168, 170
Transformador 205, 207
Transistor 240
Transitorio de tensión 198
Trigger 13

U

Unidad sensora 37, 38
Ureasas 389
UV 439, 441

V

Valor medio 19, 25
Valor pKa 344
Valores 18
Vaso de Marinelli 306
Velocidad de la luz 259, 261
Velocidad del sonido 158, 161, 163, 166
Vida media 289
VideoCom 68
Vinagre de cocina 365
Volumen 421

Volumen respiratorio 460

Z

Zoom 18